This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Dr. Fritz Rothenbach

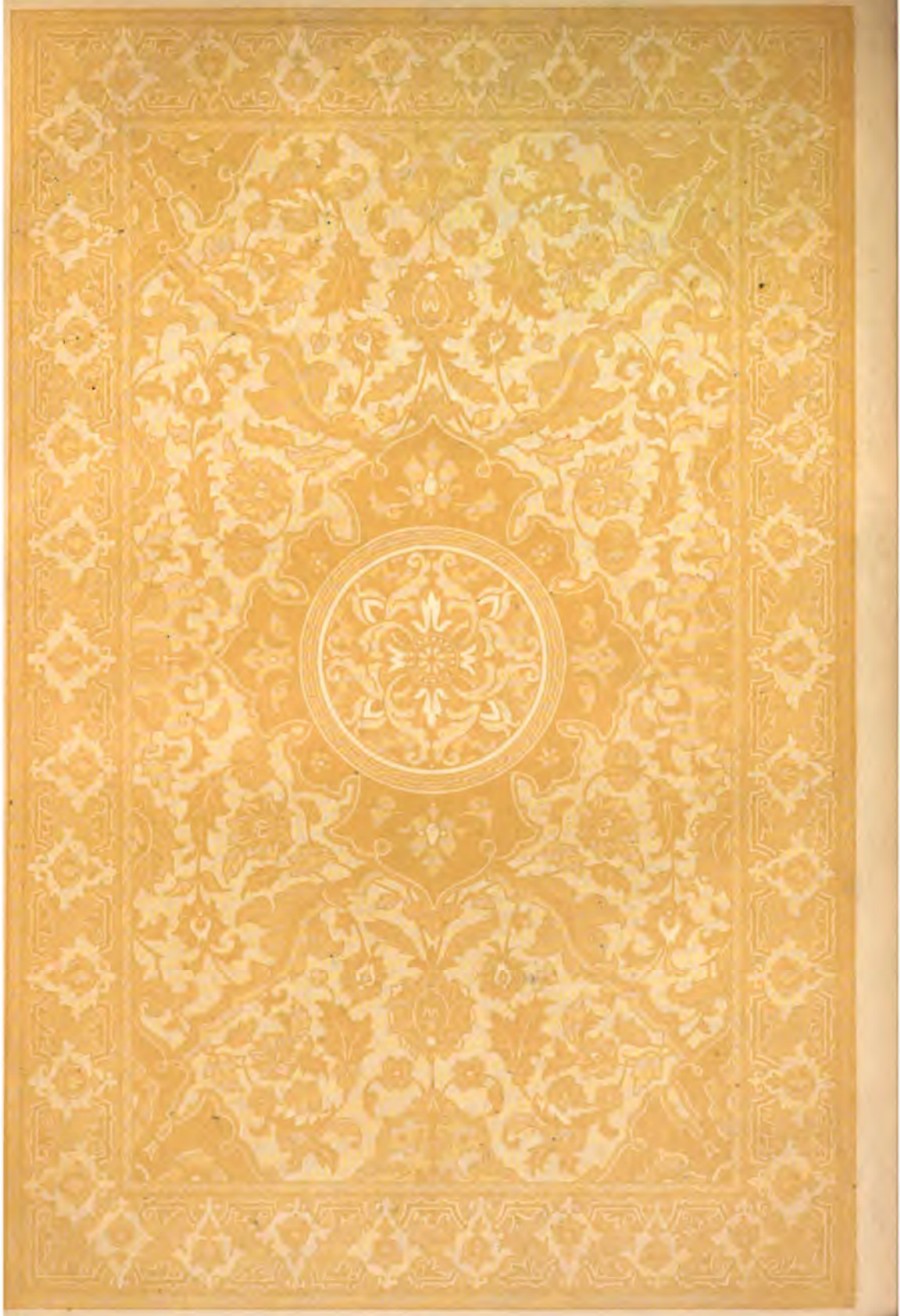
Die Untersuchungsmethoden und Organismen des Gärungsessigs und seiner Rohstoffe

3 2044 106 411 382

R 846 u

Harvard University

FARLOW
REFERENCE LIBRARY
OF
CRYPTOGAMIC BOTANY



1423
61, 741

Herrn Prof. Dr. Lüdner
ergebenst überreicht,
Der Verfasser.

g 8,00.—

fr 8.—

Die
Untersuchungsmethoden und Organismen
des
Gärungsessigs
und seiner Rohstoffe.

Von

Dr. Fritz Rothenbach,
Vorsteher der Abteilung für Essigfabrikation am Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin,
Mitglied des Kaiserlichen Patentamts.

Mit 118 Textabbildungen.

BERLIN.
VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.
Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.
SW., Hedemannstrasse 10.
1907

August 2 1923
Harvard University
Farlow Library

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

Vorwort.

Mit den Fundamenten der Essigfabrikation beginnend, soll das Buch: „Die Untersuchungsmethoden und Organismen des Gärungsessigs und seiner Rohstoffe“ den Essigfabrikanten in den Stand setzen, sich diejenigen naturwissenschaftlichen Kenntnisse und praktischen Handgriffe anzueignen, welche es ihm ermöglichen, die für die Betriebskontrolle nötigen Untersuchungen selbständig und richtig ausführen zu können.

Zahlreiche, der Versuchsanstalt eingesandte Proben von Essigen und Maischen beweisen, dass vielfach die Alkoholbestimmung falsch ausgeführt wird. Ja sogar der Säuregehalt des Essigs wird bisweilen nicht völlig richtig ermittelt. Bei polizeilichen oder gerichtlichen Beanstandungen ist es nun zweifellos für den Praktiker von grosser Wichtigkeit dass er, nach einwandsfreien Methoden und mit genauen Instrumenten arbeitend, auch tatsächlich imstande ist, in dem produzierten Essig den richtigen Säuregehalt und in dem für die Fabrikation gekauften Wein die wahre Alkoholstärke festzustellen. Der Frage der exakten Säurebestimmung kommt gerade im gegenwärtigen Zeitpunkt eine besondere Bedeutung deshalb zu, weil zurzeit eine reichsgesetzliche Regelung des Minimalsäuregehaltes in Essigen angestrebt wird.

Bei der Prüfung der einzelnen Bildner auf ihre Säureproduktion spielt dagegen $^1/_{10}$ Prozent Säure mehr oder weniger keine so grosse Rolle wie im Falle von gerichtlichen Beanstandungen. Man wird sich daher bei der Betriebskontrolle in vielen Fällen solcher Apparate bedienen können, die eine schnellere Untersuchung auf Säure und Alkohol gestatten, ohne dass freilich, abgesehen von kleineren Abweichungen, eigentliche Fehler unterlaufen. Dass eine ständige oder doch wenigstens zeitweise Kontrolle der Schnellessigbildner oder der Orleansfässer bzw. des darauf hergestellten Essigs nicht nur nützlich, sondern sogar direkt nötig ist, haben die meisten Fabrikanten bereits längst erkannt. Grundbedingung für eine richtige Kontrolle des Betriebes ist aber, dass die Instrumente und Methoden, die hierzu benutzt werden, sachgemäss gehandhabt bzw. angewendet werden. Wirkliche Fehler bei der Untersuchung des Essigs und seiner Rohstoffe, die, wie der Verfasser dieses Buches des öfteren feststellte, selbst in gut geleiteten Fabriken gemacht werden, können leicht die Veranlassung zu grösseren Betriebsstörungen geben.

Vor allen Dingen soll aber auch das Buch dem Praktiker zeigen, wie er sich durch die Wahl der richtigen Instrumente und die Anwendung zweckmässiger Methoden die Betriebskontrolle erleichtern kann.

Die Betriebskontrolle einer Essigfabrik und die Untersuchung des fertigen Essigs, wie vor allen Dingen auch der bei der Herstellung der verschiedenen Essigarten verwendeten Rohmaterialien, setzt nun aber einmal das Vorhandensein gewisser physikalisch-chemischer und botanischer Kenntnisse voraus, ohne welche die nötigen Arbeiten ohne Verständnis ausgeführt werden und so leicht fehlerhaft verlaufen können.

Vor allen Dingen kann aber ein nicht genügend geschulter Praktiker sich niemals selbst helfen, wenn es sich um die Wertbemessung eines oder des anderen Rohstoffes oder um eine Betriebsstörung handelt.

Zwei Beispiele sollen uns die Notwendigkeit gewisser physikalisch-chemischer und botanischer Kenntnisse für den Essigfabrikanten vor Augen führen.

Eine Schnellessigfabrik zeigte längere Zeit hindurch einen Rückgang der Säure in den Apparaten, während der Alkoholgehalt der Maische anscheinend nicht völlig verarbeitet wurde. Durch Untersuchungen mit dem Vaporimeter war nämlich festgestellt worden, dass der Ablaufessig mehrere Zehntel Prozent Alkohol, ja sogar 1 pCt. und darüber zeigte. Auf Grund dieses Resultates war also anzunehmen, das tatsächlich das aufgegebene Maischequantum genügte, bzw. schon zu hoch war.

Tatsächlich war dieses aber nicht der Fall, denn wie bei der Untersuchung an Ort und Stelle mit Hilfe des Destillierapparates ermittelt wurde, zeigte der Ablaufessig sämtlicher Bildner keinen Alkohol. Es war also im Gegensatz zu der früheren Annahme ein Mangel an Alkohol vorhanden und es fand somit der beständige Rückgang der Säure in den Apparaten eine einfache Erklärung.

Dem Vaporimeter an sich als Untersuchungsinstrument war auch keine Schuld beizumessen, denn dasselbe zeigte bei richtiger Einstellung des Nullpunktes innerhalb der zulässigen Untersuchungszeit keine nennenswerten Abweichungen von den mit dem Destillierapparate erhaltenen Resultaten. Ein starker Gasgehalt des Essigs — jedenfalls Kohlensäure infolge Überoxydation – hatte vielmehr das Quecksilber im Vaporimeterschenkel bei der Untersuchung zu hoch getrieben und es wurde deshalb beständig ein gewisser Gehalt an Alkohol gefunden, der tatsächlich nicht vorhanden war.

In einem anderen Falle handelte es sich um eine nach dem Orleansverfahren arbeitende Weinessigfabrik. Auf den Fässern war anscheinend, d. h. wie man mit dem blossen Auge wahrnehmen konnte, eine gute Hautbildung eingetreten, und doch wollte die Gärung nicht richtig einsetzen. Nach vielen, wochen- ja sogar monatelangem Hin- und Herexperimentieren, wobei schliesslich nur vereinzelte Fässer einen

schwachprozentigen Essig fabrizierten, musste wieder von neuem unter Bereitung einer anderen Maische angefangen werden.

Es war inzwischen viel Zeit verloren worden und der betreffende Fabrikant konnte den eingegangenen Lieferungsverpflichtungen nicht nachkommen.

Ein einziger Blick durch das Mikroskop hätte dem Fabrikanten sogleich den richtigen Weg gewiesen. Die Hautbildung rührte nämlich nicht von Essigbakterien, sondern, wie die spätere Untersuchung der aufbewahrten Proben ergab, von Kahmhefen her. —

In erster Linie für die Praxis geschrieben, soll also das Buch: „Die Untersuchungsmethoden und Organismen des Gärungsessig und seiner Rohstoffe" den Fachmann in den Stand setzen, die von ihm verwendeten Rohstoffe bewerten und den Betrieb scharf kontrollieren zu können. Es soll nicht nur dem Grossbetriebe eine Stütze, sondern vor allen Dingen auch dem kleinen Fabrikanten eine bis jetzt nicht vorhandene Hilfe sein.

Meinen Schülern, auf deren vielseitigen Wunsch ich mich zur Herausgabe dieses Buches entschlossen habe, möge es als Ergänzung der während der Unterrichtsstunden gemachten Aufzeichnungen dienen.

Abgesehen von den allein für die Praxis bestimmten Ausführungen enthält das Buch eine Zusammenstellung der wichtigsten Literaturangaben über die Essigbakterien. Auch in diesem Teil, der mehr wissenschaftlich gehalten ist, wird der Fachmann aber manche Mitteilungen finden, die er im praktischen Betriebe nützlich verwerten kann.

Zum Schluss dieser Zeilen will ich nicht verfehlen, Herrn Professor Dr. Lindner, Herrn Professor Dr. W. Windisch, sowie Herrn Dr. Henneberg dafür, dass sie mir die Benutzung von Klischees für dieses Lehrbuch freundlichst gestattet haben, meinen herzlichsten Dank auszusprechen, ebenso auch der Verlagsbuchhandlung Paul Parey für die vornehme Ausstattung des Buches.

Berlin, Herbst 1906.

Fritz Rothenbach.

Inhalt.

Erster Teil.

Chemische und physikalische Grundbegriffe und die Anwendung von Chemie und Physik bei der Essigfabrikation.

Abschnitt I.

	Seite
Einführung in die Chemie	1–5
Säuren	1–2
Laugen	1–2
Salze	1–2
Chemische Elemente und chemische Zeichensprache	2–3
Normallösungen	3–5
Normal-Natronlauge, Doppelnormal-Natronlauge. Normaloxalsäure.	
Indikatoren: Lackmustinktur. Phenolphtaleïnlösung.	

Abschnitt II.

Physikalische und chemische Apparate	5–68
Apparate und Instrumente zur Bestimmung des Säuregehaltes in Essigen	5–26
Normalessigprober	5–6
Titrierapparate	6–15
Der gewöhnliche Titrierapparat	6–13
Pipetten	7–10
Büretten	10–11
Das Arbeiten mit dem Titrierapparat	11–13
Automatischer Titrierapparat mit Essigprozentbürette	13–15
Essigspindel, Essigwage oder Aräometer	15–17
Essigspindel nach Rothenbach	17
(siehe auch S. 47–51)	
Ausführung der Säurebestimmung mit Hilfe der Essigspindel	18–23
Faltenfilter	18–20
Essigsäure, Essigsäurehydrat, Essigsäureanhydrid	23–26

Seite

Tabelle zur Umrechnung von Essigsäure-Prozenten in Essigsäureanhydrid-Prozente nach Otto 25
Tabelle zur Umrechnung von Essigsäureanhydrid-Prozenten in Essigsäure-Prozente nach Otto 25
Instrumente und Apparate zur Bestimmung des Alkohols 26—68
Alkoholometer . . . . . 26—36
Alkoholometer nach Tralles . . . . . 30—31
Alkoholometer nach Salleron 31
Alkoholometer nach Richter 31
Alkoholometer (amtliches) nach Gewichtsprozenten 31-32
Beziehungen zwischen Volumen- und Gewichtsprozenten 32-36
Vaporimeter . . . . . 36—44
Durchführung eines Versuches mit dem Vaporimeter 40-42
Reinigen des Quecksilbers 42-43
Über das Einstellen des Nullpunktes 43-44
Untersuchung von Wein und Bier mit dem Vaporimeter . . . 44
Ebullioskop . . . . . 44—47
Ebullioskop nach Malligand 47
Ebullioskop nach Amagat 47
Essigspindel, Essigwage oder Aräometer 47-51
(siehe auch S. 15-17)
Destillierapparat 52-68
Der einfache Destillierapparat 53
Durchführung eines Versuches mit dem Destillierapparat 53-56
Alkoholreduktionstafeln nach Frings 57-62
Konzentration beim Destillieren 56-63
Verdünnung vor der Destillation 63-64
Der Destillierapparat nach Frings 64-68

Zweiter Teil.

Botanik und Zoologie.

A. Die Botanik im Dienste der Essigfabrikation. . . . 69—209

Abschnitt I.

Instrumente und sonstige Hilfsmittel, die bei botanischen Untersuchungen angewandt werden. . 70-86
Das Mikroskop . . . . . 70—75
Die Sterilisation 75-79
Das Pasteurisieren . . . . . 79—82
Bereitung von Nährgelatine, -agar und Nährflüssigkeiten . . . . . 82—86
Nährgelatine . . . . . 82—85
Nähragar . . . . . 85—86
Hefewasser 86
Steriler Wein und desgleichen Bier 86

Seite

Abschnitt II.

Die Reinzucht 87–101
Reinzuchtorganismen 87–89
Das Züchten von Reinzuchtorganismen 89–96
Die Verwendung von Reinzucht-Essigbakterien 96–101
Orleansverfahren 96–98
Schnellessigverfahren 98–100
Das Ausdämpfen von Schnellessigbildnern 100–101

Abschnitt III.

Die Enzyme 101–109
Fermente 102–103
Enzyme 103–109
Kohlehydratenzyme 107–108
Diastase, Maltase, Invertase oder Invertin.
Proteolytische Enzyme 108
Zymase 108
Oxydase 108
Lipase 108
Kampfenzyme 109

Abschnitt IV.

Verschiedene Gruppen von Pilzen, welche bei der Essigfabrikation eine Rolle spielen 109–134
Die Schimmelpilze 110–116
Mucorarten 111–112
Mucor Mucedo 112
Aspergillusarten 112–114
Aspergillus niger 113
Penicillium glaucum 114
Verschiedene Schimmelpilze 114
Sachsia suaveolens n. sp. 114
Botrytis cinerea, grauer Traubenschimmel 114
Dematium- und Penicillium-Arten, Oïdium Tuckeri, der echte Meltau, Peronospora, der falsche Meltau 115–116
Die Hefepilze, Sprosspilze oder Saccharomyceten (Zuckerpilze) 116–127
Einteilung der Hefen 118–121
Normale oder Betriebshefen 119–221
Brauerei- und Brennereihefen 119–120
Weinhefen 121
Wilde oder Krankheitshefen 121–127
Kahmhefen 122–127
Anomalushefen 124
Mycoderma cerevisiae var. pulverulentum 125
Saccharomyces acetaethylicus 125
Mycoderma cucumerina 125

Seite
Die Spaltpilze . . . . . 127—134
Würzebakterien 132
Milchsäurebakterien 133
Clostridium butyricum 134

Abschnitt V.

Die Essigbakterien . . . . . 134—212
Kützing . . . . . 134—135
Essigmutter. Ulvina aceti . . . . . 134—135
Stack 135
Pasteur . . . . . 135—136
Mycoderma aceti . . . . . 135—136
van Helmont 136
Scheele 136
Zopf 136
Brown . . . . . 136 u. 140
Bacterium xylinum 136
Bacterium aceti 140
Hansen . . . . . 140—142
Bacterium aceti 141
Bacterium Pasteurianum 141
Bacterium Kützingianum 141
Lafar 143
Lindner . . . . . 146—147 u. S. 140
Bacterium aceti albuminosum 146
Essigbakterie aus Kretschmerbier 147
Bacterium xylinum 140
Zeidler 147
Bacterium aceti friabile 147
Termobacterium aceti . . . . . 147—148
Henneberg . . . . . 149—178
(siehe auch S. 137—140, 143—145 u. 148)
Bacterium acetosum 149
Bacterium oxydans . . . . . 149—150
Bacterium industrium . . . . . 150 - 152
Bacterium ascendens . . . . . 152—153
Bacterium acetigenum . . . . . 153—155
Weinessigbakterien . . . . . 157—165
Bacterium xylinoides n. sp. . . . . 157 - 162
Bacterium vini acetati n. sp. . . . . 162 - 165
Schnellessigbakterien . . . . . 167—175
Bacterium Schüzenbachi n. sp. . . . . 167—169
Bacterium curvum n. sp. . . . . 169—172
Bacterium orleanense n. sp. . . . . 172—175
Wachstumsuntersuchungen . . . . . 175—178
Würzeagarkulturen 178
Weinessigkulturen 178
Beijerinck . . . . . 146, 178—182
Bacterium aceti oder Schnellessigpilze 179

Seite
Bacterium rancens 179
Bacterium Pasteurianum 179
Bacterium xylinum 179
Bacterium rancens 176–180
Bacterium Pasteurianum var. colorium 180
Bacterium aceti var. agile 180
Frankland 182
Gregor 182
Frew 182
Fitz 182
Hoyer 182–185
(siehe auch S. 178–180)
Bacterium rancens var. zythi 182–183
Bacterium rancens var. celiae 183
Bacterium rancens var. agile 183
Bacterium rancens var. muciparum 183
Bacterium Pasteurianum 183
Bacterium Pasteurianum var. variabile 183–184
Bacterium Pasteurianum var. agile 184
Wermischeff 185
Zwei Arten von Weinessigbakterien 185
Seifert 185–186
(siehe auch S. 136, 145–146)
Drei Arten von Weinessigbakterien 185–186
Rothenbach 186–191
Verschiedene Reinzucht-Essigpilze.
Bacterium xylinum 186–187
Bacterium xylinum mit rötlichbrauner Zooglöa 187–188
Bacterium, ähnelnd dem Termobacterium aceti (Zeidler) . . . 188
Bacterium Pasteurianum-Arten 190
Bacterium rancens-Arten 190
Rothenbach, Weinessigbakterien.
Arten I–IX 191–193
Bakterien, ähnelnd dem Bacterium aceti (Hansen) 190
Bakterien, ähnelnd dem Bacterium aceti (Pasteur) 190
Bakterien, ähnelnd dem Bacterium aceti friabile (Zeidler) . . 190
Bakterie in Kokkenform 193
Schnellessigpilze 194–202
Haut von Bacterium Pasteurianum 199–201
Haut von Bacterium acetigenum 199–201
Fuhrmann 201–202
Acetobacter plicatum 201–202
Systematik der Essigbakterien 202
Hansens Systematik 202–203
Beijerincks Systematik 203–205
Hennebergs Systematik 205–206
Hoyers Systematik 206
Rothenbachs Systematik 207
Rothenbachs abgeänderte neuere Systematik 208–209

Seite

B. Die Zoologie des Essigfabrikanten 213–233
Das Essigälchen (Anguillula aceti) . . . . . 213—225
Das Kleisterälchen (Leptodera oxophila) . . . . . 225—226
Das Weizenälchen (Tylenchus scandens) 226
Verschiedene Erd- und Moosälchen 226
Das Stockälchen des Roggens und Hafers (Tylenchus devastatrix) . . . 226—228
Die Essigfliegen.
Die kleine Essigfliege (Drosophila fenestrarum) . . . . . 228—229
Die grosse Essigfliege (Drosophila funebris) . . . . . 229—230
Die Essigmilbe 231
Die Getreidemilbe 233
Die Zuckermilbe 233
Namen- und Sachregister 234–237

Erster Teil.

Chemische und physikalische Grundbegriffe und die Anwendung von Chemie und Physik bei der Essigfabrikation.

Abschnitt I. Einführung in die Chemie.

Säuren, Laugen und Salze.

Abgesehen von der Essigsäure begegnen uns im täglichen Leben noch zahlreiche andere Flüssigkeiten, feste Körper und Gase, die wir mit dem Namen „Säure" bezeichnen. Wir kennen die Schwefelsäure, die Salzsäure, die Citronensäure, die Weinsäure, die Kohlensäure und andere mehr.

Fragen wir uns nun: Was versteht man unter Säuren, woraus bestehen dieselben und durch welche Eigenschaften sind sie gekennzeichnet?

Die Antwort lautet: Säuren sind solche chemischen Verbindungen, die sauer reagieren, d. h. auf der Zunge einen sauren Geschmack hervorrufen und die mit gewissen anderen Stoffen unter Aufhebung der sauren Eigenschaften neue Verbindungen bilden.

Nicht allein aber durch den Geschmack gibt sich eine Säure zu erkennen; wir besitzen noch ein bequemeres Mittel, um Säuren von anderen Körpern zu unterscheiden. Dieses Mittel ist der Lackmusfarbstoff, eine aus Flechten, hauptsächlich Roccella tinctoria, gewonnene chemische Verbindung von rötlich-violetter Färbung. Lässt man auf diesen Lackmusfarbstoff eine Säure einwirken, so geht seine ins Violette spielende Färbung in ein deutliches Rot über.

Durch Bindung der Säure durch eine Lauge (Alkali), wobei, wie bereits erwähnt wurde, neue Verbindungen, nämlich ein Salz und Wasser entstehen, wird die Rötung wieder zum Verschwinden gebracht. Es tritt die ursprüngliche Violettfärbung ein, die bei weiterem Zusatz

von Lauge oder, was dasselbe ist, von Alkali, in ein reines Blau übergeht.

Dieser Punkt bezeichnet das Vorhandensein eines Überschusses von Lauge. Laugen oder Alkalien reagieren also auf Lackmusfarbstoff unter Blaufärbung, während Säuren damit eine Rotfärbung hervorrufen.

Die chemischen Vorgänge, die sich bei der Einwirkung von Säuren und Laugen aufeinander abspielen und die äusserlich durch einen Indikator, den Lackmusfarbstoff im vorliegenden Falle, sichtbar gemacht werden können, verlaufen in der Weise, dass unter einigen Bestandteilen beider ein Austausch unter Bildung von neuen Körpern stattfindet.

Chemische Elemente und chemische Zeichensprache.

Als bekannt sei vorausgesetzt, dass sämtliche chemischen Verbindungen aus einzelnen Elementen oder Grundstoffen von besonderen, stets gleichbleibenden Eigenschaften bestehen und dass diese Grundstoffe als kleinste Teile oder Atome in den chemischen Verbindungen enthalten sind. Solche Grundstoffe sind z. B. der Wasserstoff, der Sauerstoff, der Stickstoff, der Kohlenstoff, das Chlor, das Natrium usw. Um nun diese Stoffe nicht mit Namen ausschreiben zu müssen, bedient man sich in der Chemie für jeden einzelnen dieser Grundstoffe oder Elemente eines oder mehrerer Buchstaben bzw. Symboles. So wird z. B. Wasserstoff mit H bezeichnet, Sauerstoff mit O, Stickstoff mit N, Chlor mit Cl und Natrium mit Na, und zwar gibt ein einfacher Buchstabe, z. B. H oder O, stets nur ein Atom Wasserstoff bzw. Sauerstoff an. Soll zum Ausdruck gebracht werden, dass mehrere Atome eines Elementes gemeint sind, so setzt man hinter den Buchstaben die betreffende Zahl; es werden beispielsweise zwei Atome Sauerstoff als O_2 geschrieben. Will man nun eine chemische Verbindung ohne Namennennung kurz bezeichnen, so fügt man einfach die in Frage kommenden Buchstaben der Elemente, aus denen die Verbindung besteht, zu derjenigen Formel zusammen, welche der Zusammensetzung der betreffenden Verbindung entspricht, wobei in Betracht zu ziehen ist, dass einzelne oder zuweilen auch sämtliche Elemente nur mit einem oder aber auch mit mehreren Atomen vertreten sein können.

Viele chemische Verbindungen enthalten von den Elementen, aus denen sie bestehen, nur je ein Atom. Zu diesen Verbindungen gehören beispielsweise die Salzsäure, welche in der chemischen Zeichensprache HCl geschrieben wird, und die Natronlauge, NaOH.

Lässt man nun eine Säure und eine Lauge, z. B. Salzsäure und Natronlauge, aufeinander einwirken, so tritt zwischen den einzelnen Atomen beider Stoffe eine Wechselwirkung in der Weise ein, dass

sich das Chlor mit dem Natrium und der Wasserstoff mit dem Rest der Natronlauge, der OH-Gruppe, verbindet. Es entsteht aus Salzsäure und Natronlauge nach der Formel

$$HCl + NaOH = ClNa + HOH$$

Chlornatrium und Wasser, denn ClNa oder NaCl ist Chlornatrium und $HOH = H_2O$ ist die Formel für Wasser.

Ebenso wie in der Salzsäure Wasserstoff enthalten ist, der durch ein Metall — im vorliegenden Falle das Natrium — ersetzt werden kann, sind auch in jeder anderen Säure, mag sie heissen wie sie will, ein oder mehrere Atome Wasserstoff vorhanden, die durch Metalle zu ersetzen sind.

Die chemische Formel für die Essigsäure ist:

$$CH_3COOH.$$

Hiervon kann das letzte H durch ein Metall ausgewechselt werden, wobei ein Salz und Wasser entsteht.

Wirken Essigsäure und Natronlauge aufeinander ein — was ja bei einer jeden Bestimmung des Säuregehalts des Essigs der Fall ist — so bildet sich nach der Formel

$$CH_3COOH + NaOH = CH_3COONa + HOH$$

essigsaures Natron und Wasser.

Die Säure verschwindet, die Flüssigkeit schmeckt also nicht mehr sauer und färbt auch nicht mehr Lackmustinktur oder Lackmuspapier rot, diese behalten vielmehr ihre rötlichviolette Färbung.

Ist die Säure eines Essigs durch Lauge (Alkali) vollkommen gebunden und hat man auch keinen Überschuss von Lauge zugesetzt, so ist der Essig neutralisiert; eine neutrale Flüssigkeit färbt also Lackmustinktur weder rot noch blau.

Normallösungen.

Um das Quantum beziehungsweise den Prozentgehalt an Säure in einem Essig mit Hilfe von Natronlauge zu bestimmen, ist es nötig Laugen von bestimmter Konzentration anzuwenden. Es sind dieses die Normal-Natronlauge und die Doppelnormal-Natronlauge.

Unter Normalflüssigkeiten versteht man solche Lösungen oder Gemische mit Wasser, die in 1 *l* soviel Gramm Substanz enthalten, wie dem Äquivalentgewicht der betreffenden Verbindung entspricht.

Das Äquivalentgewicht des Natronhydrates beträgt 40, nämlich $23 + 16 + 1 = 40$. Um also die Normalnatronlauge darzustellen, werden 40 *g* chemisch reines, festes, vollkommen wasserfreies Natronhydrat in so viel destilliertem Wasser gelöst, dass das Gesamtquantum 1 *l* beträgt.

Zur Herstellung von Doppelnormal-Natronlauge löst man 80 *g* chemisch reines, absolut wasserfreies Natronhydrat in destilliertem Wasser und füllt die Lösung in einem 1 *l*-Messkolben bis zur Marke auf.

Um die Normalnatronlauge und die Normaldoppellauge, die sich in ihrer Zusammensetzung namentlich dann verändern, wenn man sie nicht gut verschlossen in der Nähe der Essigfabrik stehen lässt, auf ihre Genauigkeit zu prüfen, bedient man sich verschiedener Normalsäuren.

Es kann hierzu die Normalschwefelsäure benutzt werden. Sie enthält in einem Liter 49 *g* wasserfreie Schwefelsäure (H_2SO_4).

Zwecks Darstellung der Normalschwefelsäure werden 34—36 *ccm* der käuflichen reinen konzentrierten Schwefelsäure mit destilliertem Wasser bis zu einem Liter vermischt. Die genaue Einstellung erfolgt mit Hilfe einer Normallauge, die ihrerseits mit Normaloxalsäure verglichen worden ist.

Zur Kontrolle der Normallaugen kann also auch Normaloxalsäure benutzt werden. Sie enthält in einem Liter 45 *g* wasserfreie oder 63 *g* kristallisierte Oxalsäure. Zwecks Darstellung der Normaloxalsäure löst man 63 *g* reiner käuflicher Oxalsäure, die man zuvor fein pulverisiert und in einem Rundkolben unter fortgesetztem Umschwenken über einer kleinen Flamme vorsichtig erwärmt hatte, in destilliertem Wasser und füllt auf 1 *l* auf.

10 *ccm* der Normalsäurelösungen müssen genau 10 *ccm* der Normalnatronlauge und 5 *ccm* der Doppellauge neutralisieren; nur in diesem Falle ist die Zusammensetzung der Laugen eine richtige.

Wie bereits auf S. 3 ausgeführt wurde, erkennt man den Neutralisationspunkt daran, dass Lackmustinktur oder Lackmuspapier weder rot noch blau gefärbt wird; beide müssen vielmehr ihre rötlich-violette Färbung behalten.

Lackmustinktur stellt man durch Lösen des gereinigten käuflichen Lackmusfarbstoffes, Azolitmin genannt, in destilliertem Wasser dar.

Ein anderes Mittel, um den Punkt zu ermitteln, bei dem die Säure einer sauren Flüssigkeit durch Alkali gebunden oder neutralisiert ist, steht uns in dem Phenolphtaleïn zur Verfügung. Eine Lösung dieses chemischen Reagens in Alkohol wird nämlich durch den geringsten Überschuss von Lauge stark rot gefärbt. Die Reaktion ist so scharf, dass die kleine Menge von Natronlauge, durch die erst die Färbung hervorgerufen wird, vernachlässigt werden kann. Tritt also in einer vorher mit Phenolphtaleïn versetzten sauren Flüssigkeit bei dem Vermischen mit Lauge eine Rötung auf, so kann man den Punkt, bei dem zuerst diese Rotfärbung wahrgenommen wurde, als Neutralisationspunkt ansehen.

Dargestellt wird Phenolphtaleïnlösung in der Weise, dass man

4 *g* festes Phenolphtaleïn mit 100 *ccm* hochprozentigem Alkohol (96 pCt.) in einem Kölbchen übergiesst und das Gefäss so lange umschwenkt bis Lösung erfolgt ist.

Zu der zu untersuchenden sauren Flüssigkeit werden 3—4 Tropfen von der Phenolphtaleïnlösung hinzugesetzt.

Abschnitt II. Physikalische und chemische Apparate.

Apparate und Instrumente zur Bestimmung des Säuregehaltes in Essigen.

Der Normalessigprober.

Das einfachste Instrument, dessen man sich zur Bestimmung des Säuregehaltes in Essigen bedient, ist der Normalessigprober. Er besteht aus einer unten zugeschmolzenen, mit Teilstrichen versehenen Röhre, die in einen Holzfuss hineingestellt werden kann.

Der unterste Teilstrich gibt den Nullpunkt an. Bis hierhin wird der Essigprober mit der zu untersuchenden Flüssigkeit angefüllt, worauf 2—3 Tropfen Phenolphtaleïnlösung zugegeben werden. Man bedient sich hierbei am besten einer Tropfflasche, wie sie von Apotheken zur Dosierung von Medikamenten abgegeben werden, oder einer kleinen Pipette, die durch den Stopfen der mit Phenolphtaleïnlösung gefüllten Flasche hindurchgesteckt ist, vergl. die Abbildung.

Die Handhabung der Pipette wird auf S. 8 ausführlich erklärt werden. Die Pipette ist im vorliegenden Falle aber nicht anzusaugen. Sie füllt sich, da sie mit ihrem unteren Teile in der Phenolphtaleïnlösung steckt, mit dieser teilweise an, und man braucht nur, um beim Herausnehmen ein Ausfliessen zu verhindern, die Kuppe des Zeigefingers auf die obere Öffnung aufzupressen.

Beim Einfüllen von Essig in den Normalessigprober beobachtet man, dass sich die Flüssigkeit an der Wandung

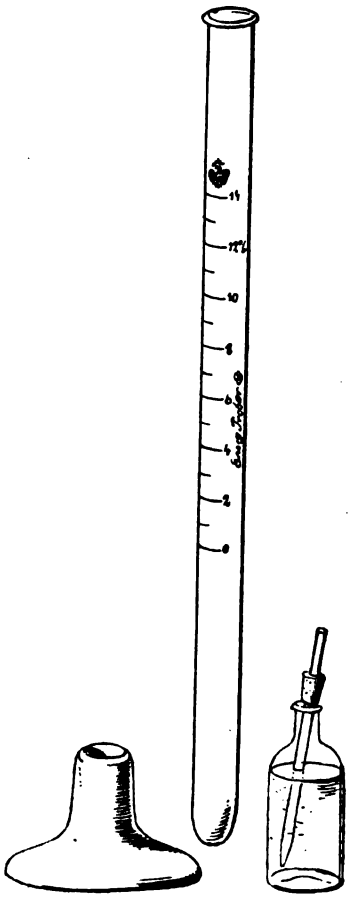


Abb. 1. Normalessigprober.

der Röhre emporzieht, während sie in der Mitte eine Vertiefung bildet; die Oberfläche der Flüssigkeit ist halbmondförmig gekrümmt, siehe Abb. 2. Diese Krümmung der Oberfläche bezeichnet man als Meniskus. Man stellt nun den Nullpunkt bei der Untersuchung von Essigen so ein, dass der unterste Teil des halbkreisförmigen Bogens, den die Flüssigkeit bildet, wie bei Abb. 3 mit dem Nullpunkte der Einteilung zusammenfällt.

Zu dem Einstellen des Nullpunktes muss die Marke genau in der Augenhöhe gehalten werden, so dass eine Kreislinie (Abb. 4), die man an dieser Stelle um den Umfang des Essigprobers herumziehen würde, als eine gerade Linie erscheint (Abb. 3).

Nach Zugabe des Phenolphtaleïns wird nun vorsichtig unter wiederholtem Umschwenken des Essigprobers so lange Doppel-Normalnatronlauge hinzugesetzt, bis eine Rotfärbung anzeigt, dass die Säure neutralisiert ist.

Abb. 2.

Abb. 3.

Abb. 4.

Der Stand von Essig in Glasröhren.

Während der Untersuchung hält man den Essigprober in der linken Hand und das Fläschchen mit der Doppellauge in der rechten; beim Umschwenken wird der Essigprober mit dem linken Daumen verschlossen. Ist der Essigprober wieder in seine normale Lage gebracht, so muss man beim Entfernen des Daumens darauf achten, dass die an dem Finger haftende Flüssigkeit in das Instrument zurückfliesst, da anderenfalls die Standhöhe verringert und zu wenig Säure gefunden werden würde.

Der Essigprober zeigt direkt Säureprozente an.

Der Titrierapparat.

Soll der Säuregehalt eines Essigs oder einer anderen Flüssigkeit mit absoluter Genauigkeit ermittelt werden, so muss man sich des Titrierapparates bedienen.

Der gewöhnliche Titrierapparat.

In einfachster Form zeigt ihn die Abbildung 5 auf S. 7. Der Apparat besteht aus einer auf einem Stativ stehenden Flasche, enthaltend die Titrierflüssigkeit, in diesem Falle Normalnatronlauge, ferner aus einer von

0—10 *ccm* eingeteilten, mit Schläuchen und Klemmen versehenen Glasröhre, einer sogenannten Bürette, einem darunter befindlichen Porzellanschälchen und einer 10 oder 20 *ccm* enthaltenden Pipette.

Pipetten.

Unter Pipetten oder Messhebern versteht man Glasröhrchen, deren unteres Ende zu einer feinen Spitze ausgezogen ist, während ihr mittlerer Teil eine bauchförmige Erweiterung besitzt. Etwas oberhalb dieser Ausbauchung befindet sich eine Marke, bis zu welcher die Pipette zu füllen ist, um dasjenige Flüssigkeitsvolumen abzumessen, welches die auf dem betreffenden Instrumente angegebene Zahl angibt.

Abb. 5.
Einfacher Titrierapparat.

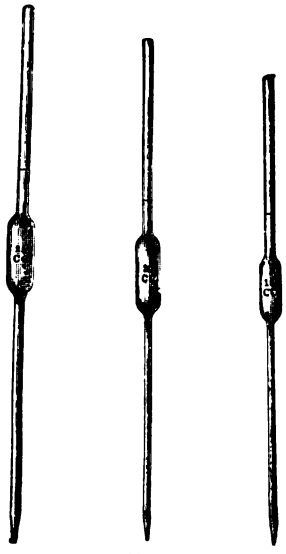


Abb. 6. Vollpipetten.

Die beigefügte Abbildung 6 zeigt uns drei Pipetten von verschiedener Grösse, zwischen 10 und 25 *ccm*. Die kleinste Pipette wird meist zum Abmessen von Essig bei der Bestimmung des Säuregehaltes mit dem Titrierapparat benutzt; den Verwendungszweck der grösseren Messheber werden wir später bei der Untersuchung des Alkoholgehaltes in Essigen und Maischen kennen lernen.

Abgesehen von den in Abb. 6 dargestellten Pipetten, die nur eine Marke besitzen und die als Vollpipetten bezeichnet werden, kennt man aber auch noch sogenannte Messpipetten. Dieselben sind, abgesehen von der Auslaufspitze und dem Mundstück, zylindrisch. Die Ausbauchung erstreckt sich also fast über die ganze Länge des Instrumentes; ausserdem sind die Messpipetten auf der ganzen Länge der

Ausbauchung geteilt. Abbildung 7 zeigt uns zwei solcher Pipetten. Die Messpipetten sind in ganze und zehntel Kubikzentimeter eingeteilt, so dass man mit Hilfe dieser Instrumente imstande ist, ein beliebiges Quantum Flüssigkeit abzumessen.

Das Anfüllen einer Pipette geschieht in der Weise, dass man das obere Ende derselben zwischen den Daumen und den dritten Finger nimmt, das untere verjüngte Ende des Instrumentes in die Flüssigkeit eintaucht und nun mit dem Munde vorsichtig so lange ansaugt, bis die Flüssigkeit bei Vollpipetten etwas oberhalb der Marke beziehungsweise bei Messpipetten oberhalb des Nullpunktes der Einteilung steht.

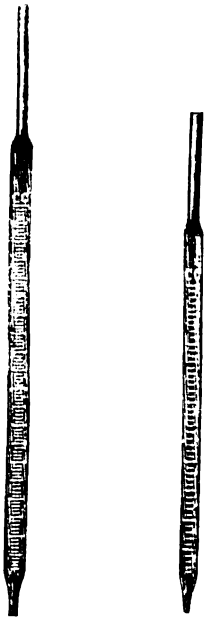


Abb. 7. Messpipetten.

Abb. 8. Richtiges Halten der Pipette.

Da beim Einsaugen von Flüssigkeit das Niveau derselben in dem Abfüllgefässe sinkt, muss man die Spitze der Pipette beständig, dem fallenden Flüssigkeitsspiegel entsprechend, senken, anderenfalls würde Luft in die Pipette eindringen, was Blasenbildung zur Folge hätte. Ist das Instrument bis oberhalb der Marke mit Flüssigkeit gefüllt, so zieht man die Pipette von den Lippen ab, drückt aber möglichst gleichzeitig die Spitze des etwas angefeuchteten Zeigefingers auf die obere Öffnung der Röhre hinauf (Abb. 8). Sodann wird die Pipette mit der senkrecht nach unten gerichteten Ausflussspitze aus der Flüssigkeit herausgenommen.

Nunmehr beginnt die schwierigste Arbeit, das Einstellen einer Pipette; es muss nämlich soviel Flüssigkeit abgelassen werden, dass der untere

Teil des Meniskus, der sich ja auch in dem Pipettenrohre bildet, mit der Marke beziehungsweise dem Nullpunkte der Skala genau zusammenfällt. Zu diesem Zwecke hält man die Pipette so, dass sich die Marke gerade in Augenhöhe befindet und lüftet sodann äusserst vorsichtig den Zeigefinger, um tropfenweise die Flüssigkeit abfliessen zu lassen. Hat man zu stark gelüftet und ist infolgedessen zu viel Flüssigkeit ausgeflossen, so dass dieselbe unterhalb der Marke steht, so muss man von neuem ansaugen und wieder vorsichtig abfliessen lassen.

Das Lüften des Zeigefingers besteht nicht etwa in einem Abheben desselben — hierbei würde zuviel Flüssigkeit ausfliessen —, es wird die Spitze des Zeigefingers vielmehr nur hin- und hergedreht oder langsam auf- und abwärts gebogen, um zu ermöglichen, dass ein ganz geringes Luftquantum zwischen dem Finger und dem oberen Rande des Rohres in die Pipette eindringt.

Ist es gelungen, den untersten Teil des Meniskus mit der Marke bei Vollpipetten oder mit dem Nullpunkte bei Messpipetten in Übereinstimmung zu bringen, so entfernt man die am unteren äusseren Ende der Pipette etwa anhaftenden Tropfen durch Abstreichen und lässt dann die Flüssigkeit durch Abheben des Zeigefingers in das hierzu bestimmte Gefäss — bei der Titration von Essig eine flache Porzellanschale — einfliessen. Hat sich der Inhalt der Pipette in das Auffangegefäss ergossen, so wartet man noch einige Sekunden, bis sich die an der inneren Wandung der Pipette anhaftende Flüssigkeit nach unten gezogen hat und entfernt die sich in der Spitze angesammelte Flüssigkeit durch Abstreichen. Diese Flüssigkeit ist mit der Hauptmenge zu vereinigen, weshalb man beim Abstreichen die Auslaufspitze der Pipette mit der direkt oberhalb des Niveaus befindlichen Wandung des Auffangegefässes in Berührung bringt. Auch die zwischen dem Auslaufenlassen und Abstreichen der Pipette sich bildenden Tropfen sind in dem Sammelgefäss aufzufangen.

Die letzten Reste der Flüssigkeit könnten aus der Pipette auch durch Ausblasen entfernt werden; es hat sich indessen gezeigt, dass bei dem Abstreichen gleichmässigere Resultate erhalten werden.

Bei dem Arbeiten mit Messpipetten verfährt man beim Anfüllen und Einstellen derselben genau so wie bei Benutzung der Vollpipetten. Das Auslaufenlassen unterscheidet sich indessen dadurch von der zuvor beschriebenen Art und Weise, dass man das Instrument sich nur bis zu einem bestimmten Punkte der Einteilung entleeren lässt. Beim Einstellen bzw. Ablesen dieses Punktes ist die betreffende Marke wieder genau in Augenhöhe zu halten. Selbstverständlich ist auch in diesem Falle der tiefste Punkt des Flüssigkeitsmeniskus massgebend.

Mit den Messpipetten kann man auch in der Weise arbeiten, dass man dieselben nicht bis zum Nullpunkte mit Flüssigkeit, sondern bis

zu einer anderen Marke der Skala einstellt und dann bis zu Ende unter Abstrich ausfliessen lässt. Diese Methode besitzt deshalb den Vorzug grösserer Genauigkeit vor der anderen, weil das Ablaufenlassen bis zu einem bestimmten Punkte schwieriger ist, als das Einstellen auf einen gewissen Punkt.

Will man also beispielsweise mit einer 10 *ccm*-Pipette 2 *ccm* abmessen, so füllt man dieselbe entweder bis zum Nullpunkt mit Flüssig-

Abb. 9.

Abb. 10.

Ab- und Zufluss-Bürette.

keit und lässt bis zur Marke 2 abfliessen, oder besser, man stellt die Flüssigkeit bei der Marke von 8 *ccm* ein und lässt völlig unter Abstrich auslaufen.

Büretten.

Büretten sind Messpipetten, die zum besseren Ablassen der Flüssigkeit mit einem Hahn versehen sind. Man kennt Glashahn- und Quetschhahnbüretten. Die erstere Art kommt für die Untersuchung des Essigs nicht in Betracht, wohl aber die Quetschhahnbürette, von der die Hauptteile in Abb. 9 und 10 wiedergegeben sind.

Das Anfüllen der Büretten erfolgt nicht durch Ansaugen der Flüssigkeit, sondern durch Eingiessen von oben oder noch besser durch unteren, seitlichen Einfluss. Der seitliche Einfluss kann mit Hilfe eines T-Stückes erfolgen (vergl. Abb. 9, *a*), das durch Gummischläuche sowohl mit dem unteren Teil der Bürette, wie mit der Auslaufspitze und auch mit der Zuflussflasche verbunden ist oder das Zuflussrohr kann mit dem Bürettenrohr verschmolzen sein. Der letztere Fall ist durch Abb. 5 veranschaulicht. Die Gummiverbindung von Zuflussrohr und Bürettenende fällt dann fort.

Den wesentlichsten Bestandteil des Titrierapparates bildet die Bürette.

Das Arbeiten mit dem Titrierapparat.

Um die Bürette mit Normallauge zu füllen, lockert man zunächst den auf der Vorratsflasche befindlichen Gummistopfen, sodann nimmt man den Quetschhahn, durch den der von der Flasche zur Bürette führende Gummischlauch zusammengeklemmt ist, zwischen Daumen und Zeigefinger und übt auf die beiden Platten des Quetschhahnes einen Druck aus. Hierdurch wird die Einklammerung des Schlauches aufgehoben und die Lauge ergiesst sich, Luftblasen mit sich führend, durch den Schlauch in die Bürette. Ist die Bürette bis oberhalb des höchsten Teilstriches, dem Nullpunkt, mit Flüssigkeit angefüllt, so öffnet man in derselben Weise wie zuvor den unteren Quetschhahn. Die Lauge fliesst nun aus der Spitze, wieder Luftblasen enthaltend, aus und wird in einer reinen trockenen Schale oder in einem Becherglase aufgefangen, um später in die Flasche zurückgegossen zu werden.

Voraussetzung für eine weitere Verwendung dieser Lauge ist, dass sowohl die inneren Wandungen der Schlauchverbindungen, wie die Bürette und die Auslaufspitze völlig trocken waren.

Da sich nun namentlich in der unteren Schlauchverbindung häufig Luftblasen festsetzen, die nur schwer hieraus zu entfernen sind, muss man die Bürette mehrmals füllen und wieder ausfliessen lassen, wobei ein ruckweises Arbeiten empfehlenswert ist. Ein ruckweises Zu- und Abfliessen der Lauge erzielt man mit Leichtigkeit durch schnelles, oft hintereinander erfolgendes Öffnen und Schliessen der Zufluss- bzw. Abflussklemme.

Ist man sicher, dass in den Schlauchverbindungen keine Gasblasen mehr vorhanden sind, so stellt man den unteren Meniskus der Lauge genau auf den Nullpunkt der Bürettenskala ein, wobei sich das Auge in derselben Höhe wie der Nullpunkt befinden muss. Sodann misst man mit Hilfe der Pipette 10 *ccm* von dem zu untersuchenden Essig in die Porzellanschale hinein, fügt einige Tropfen Phenolphtaleïnlösung hinzu und lässt nunmehr vorsichtig Lauge aus der Bürette unter fort-

währendem Umrühren mit einem Glasstabe in die Schale mit Essig hineinfliessen. Hierbei nimmt man die Abflussklemme zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten und den Glasstab in die linke Hand oder umgekehrt. Bei dem Einfliessenlassen der Lauge ist darauf zu achten, dass die Abflussspitze nicht zu weit von der Porzellanschale entfernt ist, damit kein Verspritzen der Flüssigkeit stattfindet.

Sollte die Lauge (unterer Meniskus) bis zum Teilstrich 10 (siehe Abb. 5) ausgeflossen sein, ohne dass eine Neutralisation der Säure des zu untersuchenden Essigs eingetreten ist, so muss die Bürette von neuem bis zum Nullpunkte angefüllt und die Lauge abgelassen werden.

Ist der Essig dem Neutralisationspunkte nahe, so nimmt er eine dunklere, bräunlichgelbe Färbung an; der Zusatz von Normallauge muss dann nur noch tropfenweise erfolgen. In diesem Stadium verschwindet auch die bei dem Zusatz der Lauge an der Einflussstelle auftretende Rotfärbung beim Umrühren nicht so schnell wieder wie zu Beginn der Titration, wenn die Flüssigkeit noch viel freie Säure enthält.

Schliesslich tritt der Fall ein, dass die Rötung überhaupt nicht mehr durch Umrühren zu beseitigen ist; die Färbung ist eine bleibende, sie wird auf Zusatz weiterer Lauge nur verstärkt. Dieser Punkt, bei dem also die erste bleibende Rotfärbung auftritt, zeigt die Neutralisation der Säure in der zu untersuchenden Flüssigkeit an. An der Bürette muss die Zahl, bei der zuerst die zu titrierende Flüssigkeit von der Lauge schwach gerötet wird, abgelesen (unterer Meniskus) und notirt werden.

Wie ermittelt man nun den Prozentgehalt des titrierten Essigs?

Die Skala der von 0—10 eingeteilten Bürette gibt ganze und $^1/_{10}$ Kubikzentimeter an. Da nun 1 *ccm* Normalnatronlauge 0,06 *g* Essigsäure entspricht, muss die gefundene Anzahl Kubikzentimeter mit 0,06 multipliziert werden. Soviel Gramm Essigsäure sind in 10 *ccm* des angewandten Essigs enthalten. Um nun auf Prozente zu kommen, muss nochmals mit 10 multipliziert werden. Angenommen, es würden 12,6 *ccm* Normallauge aus der Bürette ausgeflossen sein, so enthielte also der Essig $12{,}6 \times 0{,}06 \times 10 = 7{,}56 = 7{,}6$ *g* Essigsäure.

Dieser Wert wird meist als der wahre Prozentgehalt des Essigs an Säure angenommen. Diese Annahme ist indessen nicht absolut richtig, denn es sind ja Gramm Essigsäure in Kubikzentimeter Essig gefunden worden. Da aber die spezifischen Gewichte von Essigspriten mit mittlerem Säure- und Nährstoffgehalt nicht hoch sind, kann man im allgemeinen den gefundenen Wert für den Prozentgehalt setzen.

Will man ganz genaue Werte haben, so muss man allerdings die gefundene Zahl durch das spezifische Gewicht des betreffenden Essigs dividieren; die Formel für die Berechnung des eigentlichen Prozentgehalts lautet: $\frac{\text{gefundene Anzahl } ccm \text{ Lauge} \times 0{,}6}{\text{spezifisches Gewicht}}$.

Der hiernach berechnete Wert gibt an, wieviel Gewichtsprozent (Gramm) Essigsäure in dem Essig enthalten sind, d. h. also wieviel Gramm Essigsäure in 100 Gramm Essig vorhanden sind.

Kennt man das spezifische Gewicht des untersuchten Essigsprites nicht und kann man es auch nicht schätzungsweise bestimmen, was namentlich dann der Fall sein wird, wenn die Essigmaischen einen aussergewöhnlich hohen Nährstoffzusatz in Gestalt von Bier, Wein usw. erhalten haben, so kann man sich in der Weise helfen, dass man 10 *g* Essig abwiegt und dann wie gewöhnlich mit Normal-Natronlauge titriert.

Bei Weinessigen sollte wegen des stärkeren Extraktgehalts derselben das spezifische Gewicht nicht vernachlässigt werden. Dasselbe gilt auch für hochprozentige Essigsprite (8 pCt. Säure und mehr) wegen des hohen Säuregehalts derselben.

Das spezifische Gewicht alkoholfreier Essigsprite schwankt im allgemeinen zwischen 1,01 bis 1,024, dasjenige von Weinessigen und anderen Fruchtessigen (alkoholfrei) mittleren Säuregehalts zwischen 1,015 bis 1,025, bisweilen ist es indessen auch bei besonders extraktreichen Fabrikaten nicht unwesentlich höher.

In welchem Verhältnis sich das spezifische Gewicht von Essigen bei zunehmendem Säuregehalt ändert, zeigt die folgende Tabelle, in der Verdünnungsprodukte von Essigsäure und Wasser zusammengestellt sind. Da unter diesen Verhältnissen kein Extraktgehalt vorhanden ist, kann derselbe auch nicht das Bild beeinträchtigen.

(Siehe Tabelle S. 14.)

Bei dunkel gefärbten Wein- und anderen Frucht- oder Bieressigen, bei denen man die Rotfärbung des Neutralisationspunktes nicht genau erkennen kann, muss die Titration durch Tüpfeln durchgeführt werden.

Man setzt in diesem Falle kein Phenolphtaleïn zum Essig hinzu, sondern nimmt von Zeit zu Zeit mit einem feinen Glasstabe tropfenweise Proben aus dem Essig heraus, nachdem die Lauge mit dem Essig durch Umrühren gut vermischt worden war. Den an dem Glasstabe haftenden Tropfen bringt man nun auf Lackmuspapier und verstreicht den Tropfen zu einem feinen Strich.

Wird das Lackmuspapier noch gerötet — nach dem Fortblasen der dunklen Flüssigkeit tritt die Färbung besser hervor —, so ist der Essig noch nicht neutralisiert. Erst wenn sich der Lackmusfarbstoff nicht mehr verändert, also weder rot noch blau wird, ist der Neutralpunkt erreicht.

Automatischer Titrierapparat mit Essigprozentbürette.

Die Bestimmung des Säuregehaltes in Essigen wird wesentlich erleichtert, wenn man sich an Stelle des gewöhnlichen Titrierapparates

Essigsäure pCt.	Spezifisches Gewicht		
	nach Mohr	nach van der Toorn	nach Oudemans ° C.
0	1,000	—	0,9992
1	1,001	1,0019	1,0007
2	1,002	1,0037	1,0022
3	1,004	1,0055	1,0037
4	1,005	1,0072	1,0052
5	1,007	1,0089	1,0067
6	1,008	1,0107	1,0083
7	1,010	1,0124	1,0098
8	1,012	1,0141	1,0113
9	1,013	1,0159	1,0127
10	1,015	1,0177	1,0142
11	1,016	1,0194	1,0157
12	1,017	1,0211	1,0171
13	1,018	1,0228	1,0185
14	1,020	1,0245	1,0200
15	1,022	1,0261	1,0214

mit Kubikzentimeterbürette des automatischen mit Essigsäureprozentbürette bedient.

Die Abbildung 11 zeigt uns einen solchen Apparat. Zum Aufstellen der Flasche mit Lauge ist in diesem Falle kein besonderes Stativ nötig; die Flasche kann vielmehr auf jeden beliebigen Tisch usw. hingestellt werden.

Um den Hals der Flasche ist eine Klemme gelegt, welche die Bürette, die Pipette und eine Waschflasche trägt Diese Waschflasche enthält Normallauge, durch welche die äussere Luft, um in den Apparat zu gelangen, hindurchstreichen muss. Hierdurch wird die Luft von Kohlensäure und etwa anhaftenden Essigdämpfen befreit und kann keinen schädigenden Einfluss mehr auf die Titrierflüssigkeit ausüben.

Die Flasche mit Lauge ist durch einen doppelt durchbohrten Gummistopfen verschlossen. Durch die eine Bohrung geht ein kurzes Glasrohr in den oberen Teil der Flasche hinein. Dieses Rohr trägt an seinem äusseren Ende einen Druckball aus Gummi. Durch die zweite Bohrung ist ein Glasrohr bis zum Boden der Flasche geführt. Der aussen befindliche, oben umgebogene Teil dieses Rohres ist mit Hilfe eines Gummischlauches mit der Bürette verbunden, die im oberen

Ende eine trichterförmige, feine Zuführungsspitze für die Lauge eingeschmolzen enthält. Diese Spitze reicht gerade bis zum Nullpunkt der Skala. Am oberen Ende der Bürette ist ausserdem noch ein kleiner Glasstutzen angeblasen, der durch einen Schlauch mit der Waschflasche verbunden ist.

Das Befüllen der Bürette geschieht folgendermassen: Man drückt auf den birnenförmigen Gummiball, wodurch Luft in die Flasche mit Normallauge hineingepresst wird. Da nun die Luft in der Flasche völlig abgeschlossen ist, muss die Lauge in dem bis zum Boden reichenden Rohre in die Höhe steigen und in die Bürette fliessen. Diese füllt sich bis oben hin an, wobei zuviel Lauge durch den seitlichen Stutzen in die Waschflasche abfliessen würde. Hat man nun die Bürette bis oberhalb des Nullpunkts mit Lauge angefüllt, wobei die Zuführung von zuviel Lauge möglichst vermieden wird, so lässt man mit dem auf den Ball ausgeübten Druck nach. Infolge des verminderten Luftdruckes muss jetzt die Lauge in dem Steigrohr fallen, wobei soviel Flüssigkeit aus der Bürette herausgesaugt wird, als durch das Ende der eingeschmolzenen Spitze erreicht wird. Da dieses Ende aber gerade mit dem Nullpunkt zusammenfällt, stellt sich die Lauge automatisch genau in dem Nullpunkt ein.

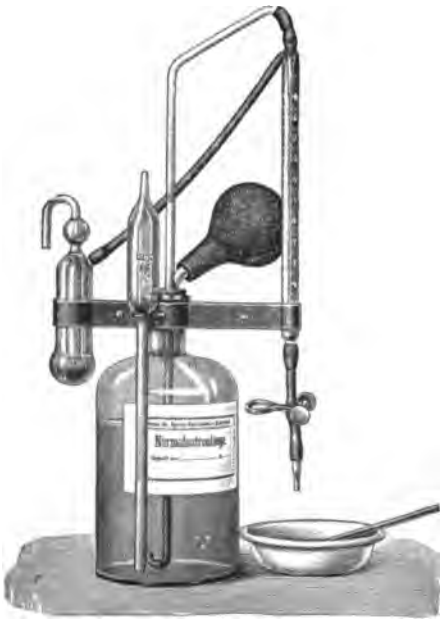


Abb. 11.
Automatischer Titrierapparat.

Die Bürette ist nicht in Kubikzentimeter, sondern in ganze und $^1/_{10}$ Säureprozente eingeteilt, so dass man den Säuregehalt des titrierten Essigs direkt an der Skala ablesen kann. Zur Untersuchung des Essigs werden auch in diesem Fall 10 *ccm* mit der Pipette abgemessen.

Man findet also Gewichtsprozente Säure in 100 *ccm* Essig und ermittelt den genauen Prozentgehalt durch Division des abgelesenen Wertes mit dem spezifischen Gewicht des untersuchten Essigs.

Die Essigspindel.

In früheren Zeiten, als die Titriermethode noch nicht bekannt war, bediente man sich zur Bestimmung des Säuregehaltes in Essigen eines Aräometers oder Spindel, der sogenannten Essigwage. Dieselbe

war nach Gran, einem alten Apothekergewicht, eingeteilt; 480 Gran sind = 1 Unze = 30 *g*.

Als Basis bediente man sich bei dieser Untersuchung einer Unze Essig und setzte zu derselben soviel reines kohlensaures Kalium (Pottasche) hinzu, bis Neutralisation eingetreten war. Die zum Neutralisieren verbrauchte Anzahl Gran Kali drückte aus, wie stark der Essig war. Der Säuregehalt eines Essigs wurde demnach früher nicht in Säureprozenten angegeben; der Essig war vielmehr X-granig oder -grädig. Man sprach also beispielsweise von fünf- oder achtgranigem bzw. -grädigem Essig.

Da sich in älteren Fabriken hin und wieder noch eine Essigwage nach Gran Kali vorfindet, sei eine Tabelle angegeben, aus der man sich, wenn man die Gran Kalizahl kennt, den Prozentgehalt eines Essigs direkt ablesen oder für die zwischenliegenden Werte berechnen kann.

Wenn 1 Unze (= 30 Gran) des Essigs sättigt	so enthält derselbe Prozente		Wenn 1 Unze (= 30 Gran) des Essigs sättigt	so enthält derselbe Prozente	
	wasserfreier Essigsäure	Essigsäure		wasserfreier Essigsäure	Essigsäure
5 Gran kohlens. Kali	0,77	0,90	55 Gran kohlens. Kali	8,46	9,96
10 „ „ „	1,54	1,81	60 „ „ „	9,24	10,86
15 „ „ „	2,31	2,72	65 „ „ „	10,01	11,76
20 „ „ „	3,08	3,61	70 „ „ „	10,78	12,66
25 „ „ „	3,85	4,53	75 „ „ „	11,55	13,55
30 „ „ „	4,62	5,43	80 „ „ „	12,32	14,44
35 „ „ „	5,39	6,33	85 „ „ „	13,10	15,36
40 „ „ „	6,16	7,22	90 „ „ „	13,86	16,30
45 „ „ „	6,93	8,14	95 „ „ „	14,63	17,20
50 „ „ „	7,70	9,06	100 „ „ „	15,40	18,10

1 Gran Kali entspricht also etwa 0,18 pCt. Essigsäure.

Bevor auf die Erklärung der Essigwage näher eingegangen wird, soll aber sogleich vorausgeschickt werden, dass man mit der Essigwage nur unter gewissen Bedingungen, die später näher erörtert werden, genaue Resultate erhält. Will man also den Gehalt eines Essigs mit absoluter Genauigkeit ermitteln, so muss man sich stets des Titrierapparates bedienen.

Die Essigwage oder Essigspindel (siehe Abb. 12 auf S. 18) besteht aus einem langen zylindrischen Schwimmkörper *b*, der oben in ein dünnes Rohr *c* übergeht, das mit einer Skala versehen ist. Der zylindrische Schwimmkörper ist unten kugelförmig (*a*) ausgeblasen und mit Schrot

oder Quecksilber beschwert, so dass das Instrument vertikal aufrecht stehend in Flüssigkeiten schwimmt. Die Essigwage ist also genau nach Art der Aräometer oder Senkwagen konstruiert.

Aräometer sind Instrumente, mit denen das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten ermittelt wird. Da nun, wie aus der Tabelle auf S. 14 ersichtlich ist, das spezifische Gewicht von Essig mit zunehmendem Säuregehalt steigt, so könnte mit Hilfe der Essigwage der Säuregehalt von Essigen ermittelt werden, wenn dieselben lediglich aus Wasser und Säure beständen.

Dem ist aber nicht so. Die Essige enthalten vielmehr noch Extraktstoffe, wie Salze, Zucker usw., welche schwerer als Wasser und sogar schwerer als Essigsäure sind. Ferner enthalten die Essige meist auch Alkohol, und bisweilen noch andere spezifisch leichtere Stoffe als Wasser. Namentlich ist der Alkohol in gewissen Fällen in ziemlich grossen Mengen im Essig enthalten.

Alle diese Stoffe müssen aber einen erheblichen Einfluss auf das mit der Essigwage gefundene Resultat ausüben. Die Extraktstoffe werden den scheinbaren Säuregehalt erhöhen. Der Alkohol drückt dahingegen das Resultat herab, so dass bei Anwesenheit des letzteren ein viel geringerer Säuregehalt gefunden wird, als wirklich im Essig vorhanden ist.

Bei der Säurebestimmung der stark extrakthaltigen Wein-, Bier- und Fruchtessige, deren Extraktgehalt ausserdem noch ein schwankender ist, sollte die Essigwage überhaupt nicht benutzt werden. Anders liegt die Sache bei Essigspriten, und zwar namentlich dann, wenn die Maischen derselben mit Nährsalzen und unvergorenem Sirup eingestellt worden waren.

Wenn man sicher ist, dass derartig hergestellte Essigsprite keinen unverarbeiteten **Alkohol** mehr enthalten und wenn man den Extraktgehalt eines solchen Essigs einmal bestimmt hat, so zeigt die Essigwage eine Zunahme des Säuregehaltes mit Sicherheit an und man kann auch die Grösse dieser Zunahme ohne weiteres bestimmen.

Essigspindel nach Rothenbach.

Die Einteilung dieser Essigwage ist nicht nach Gran Kali, sondern nach Prozenten Essigsäure gemacht (siehe Abb. 12). Ausserdem ist der Nullpunkt nicht mit destilliertem Wasser, wie bei der gewöhnlichen Essigwage, sondern mit Wasser von normaler Härte eingestellt, welches ausserdem soviel Extraktstoffe enthält, als der unter normalen Verhältnissen den Essigmaischen zuzusetzenden Menge Sirup und Nährsalzen entspricht. Die Untersuchung des Essigs wird bei 17,5° Cels. = 14° R vorgenommen. Der Essig muss klar und frei von Alkohol sein.

Abb. 12. Essigspindel.

Ausführung der Säurebestimmung mit Hilfe der Essigspindel.

Ist der Essig getrübt, so wird er zunächst filtriert. Man giesst ihn zu diesem Zwecke durch ein in einen Trichter gestecktes Faltenfilter. Die Spitze des Faltenfilters muss etwas in den Trichterhals hineinreichen, wie aus Abbildung 13 hervorgeht, da in diesem Falle die Filtration besser und schneller vor sich geht. Sollte der Essig nicht klar durch das Filter hindurchgehen, so wird das Filtrat nochmals auf das Filter zurückgegeben. An Stelle des bei der Abbildung zum Auffangen des Filtrates benutzten

Abb. 13. Filtration.

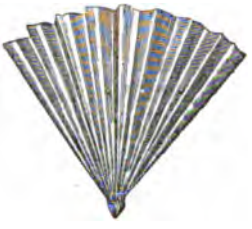


Abb. 14. Faltenfilter.

Spindelzylinders kann man auch einen beliebig grossen Kolben verwenden; der Essig muss dann nach dem Filtrieren in den Spindelzylinder umgegossen werden.

Das Faltenfilter wird in der Weise hergestellt, dass man einen quadratischen Bogen Filtrierpapier in der Mittellinie *a b* rechtwinklig knifft, wodurch die vier ursprünglichen Ecken in *d* und *c* zusammenfallen (Abb. 15). Sodann wird die Mitte von *a b* und *d c* genommen und Kante *a d* auf *b c* gelegt. Die Linie *e f* wird durch einen Kniff markiert, der Bogen dann aber wieder zu der Fläche *a b c d* auseinander gefaltet. Nunmehr wird sowohl *e b* wie *e a* auf *e f* gelegt und das Papier zu den Linien *e c* bzw. *e d* eingekniffft. Nachdem die entstandenen Dreiecke *e c b* und *e d a* zurückgeschlagen sind, so dass wieder die Fläche *a b c d* sichtbar geworden ist, legt man Kante *e b* auf

e c und *e a* auf *e d*, knifft das Papier zu den Linien *e h* bzw. *e k* ein und faltet den Bogen zu der Fläche *a b c d* zurück. Sodann wird *e b* auf *e d* gelegt, eingeknifft und zurückgeschlagen, wobei die Knifflinie *e g* zurückbleibt. Desgleichen entsteht durch Auflegen von *e a* auf *e c* und Einkniffen die Linie *e i*. Hierauf wird *e b* nochmals auf *e c* gelegt und

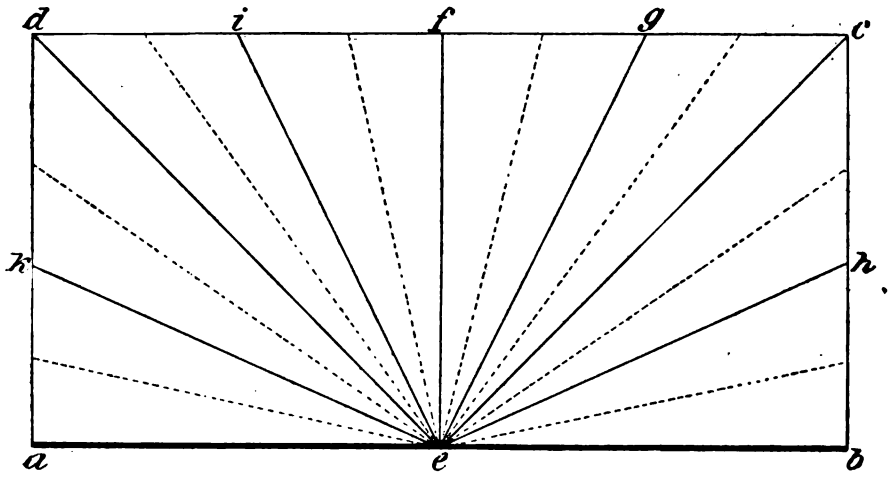


Abb. 15. Herstellung eines Faltenfilters.

sodann *e b* auf *e h* zurückgefaltet, wobei durch Einkniffen die in der Abbildung punktiert gezeichnete Linie von *e* nach der Mitte von *b h* entsteht.

Von jetzt ab wird das Papier nicht mehr entfaltet, es bleibt vielmehr in den Kniffen liegen. Durch Auflegen von *e h* auf *e g* wird nun der Kniff *e c* wieder hergestellt und das Dreieck *h c e* zurückgefaltet (*h e* wird auf *c e* gelegt), wodurch ein Kniff entsteht, der von *e* nach der Mitte von *h c* geht; in der Abbildung punktiert gezeichnet. Durch Auflegen von *e c* auf *e f* — wobei Kniff *e g* wieder hergestellt wird — und Zurückfalten des entstandenen Dreieckes erhält man den Kniff zwischen *e* und der Mitte von *c* und *g*.

Endlich wird die rechte Hälfte des Papieres, die jetzt schon fächerartig zusammengefaltet ist, durch Wiederherstellung des Kniffes *e f*, auf die linke Seite des Bogens aufgelegt und das Dreieck *g f e* zurückgefaltet, wobei der Kniff von *e* nach der Mitte von *g f* entsteht.

Verfährt man mit der anderen Seite *d a e f* des einmal zusammengefalteten Bogens ebenso wie mit der Seite *c e f*, so ist das Faltenfilter fertig, man braucht nur noch die überstehenden

Abb. 16. Thermometer.

Spitzen abzuschneiden und erhält dann das Filter, wie es durch Abb. 14 dargestellt ist.

Hat man den Essig mit Hilfe eines derartigen Faltenfilters (Abb. 13) filtriert, so bringt man seine Temperatur durch Abkühlen oder Erwärmen auf 17,5° Cels. = 14° R., wobei man sich eines Thermometers nach Art der Abbildung 16 bedient, und senkt dann vorsichtig die zuvor sauber abgewischte, trockene Säurespindel in den Essig hinein.

Zu diesem Zwecke nimmt man das feine, die Einteilung tragende Röhrchen der Spindel zwischen Daumen und Zeigefinger und taucht das Instrument zunächst bis etwas oberhalb des dicken Schwimmkörpers mehrmals in die zu untersuchende Flüssigkeit ein, um die an dem Glase haftenden Luftbläschen zu entfernen. Sodann lässt man die Spindel langsam in den Essig hineingleiten, ohne sie indessen zunächst völlig aus den Fingern zu lassen. Durch zu tiefes Einsinken der Spindel infolge zu schnellen Loslassens könnte nämlich das Skalenröhrchen mit Flüssigkeit benetzt werden, wodurch sich ein unrichtiges Resultat ergeben würde.

Der Zylinder, in dem die Untersuchung vorgenommen wird, ist genau horizontal hinzustellen und nicht ganz bis oben hin mit Flüssigkeit anzufüllen. Beim Spindeln darf die Essigwage nicht die Glaswandung des Zylinders berühren, sie muss vielmehr frei in der Flüssigkeit schwimmen. Die Spindel soll vor dem Eintauchen in den Essig annähernd die Temperatur desselben besitzen. Luftblasen dürfen sich an der schwimmenden Spindel nicht zeigen. Sollte dieses doch der Fall sein, so ist das Aräometer mehrmals vorsichtig aus dem Essig herauszuziehen und wieder hineinzusenken. Man nimmt zu diesem Zwecke das Skalenröhrchen (siehe S. 18) zwischen den trockenen Daumen und den Zeigefinger und bewegt die Spindel auf und nieder.

Das Ablesen des Säuregehaltes geschieht in der Weise, dass man das Auge von unten dem Flüssigkeitsspiegel nähert, wobei man um das Skalenröhrchen herum in der Höhe des Flüssigkeitsspiegels einen in die Länge gezogenen Kreis, also eine Ellipse, wahrnimmt, die schliesslich bei langsamem Heraufrücken des Auges in eine gerade Linie übergeht. Befindet sich das Auge ziemlich im Niveau der Flüssigkeit — noch ein wenig unterhalb desselben — so ist dieser Zustand eingetreten und es wird der Punkt an der Skala abgelesen, der von der Niveaulinie geschnitten wird. (Abb. 17).

Falsch ist es, das Auge beim Ablesen in der Niveauhöhe selbst zu halten, weil dann die Schnittlinie von Flüssigkeitsoberfläche und Skaleneinteilung infolge der ringförmigen Erhöhung der Flüssigkeit, um das Skalenröhrchen herum (Abb. 18), für den Beobachter nicht wahrnehmbar ist.

Wie bereits erwähnt wurde, wird die Spindelung bei einer Tempe-

ratur von 17,5° C. ausgeführt. Hat man kein Thermometer nach Celsius zur Verfügung, vielmehr nur ein nach Réaumurgraden eingeteiltes, so muss dieses Thermometer 14° zeigen, denn 14° R. entsprechen 17,5° C. Nach Fahrenheit müsste die Spindelung bei einer Temperatur von 63,5° F. ausgeführt werden. —

Da der Extraktgehalt von Essigen verschiedener Fabriken, selbst wenn dieselben mit Nährsalzen und unvergorenem Sirup arbeiten, nicht immer der gleiche ist, muss man zunächst die Abweichung des Extraktgehaltes des zu untersuchenden Essigs von demjenigen Extraktgehalt, der dem Nullpunkt der Spindel entspricht, feststellen. Dieses geschieht in der Weise, dass man den betreffenden Essig sowohl titriert, als auch mit der Essigspindel misst. Voraussetzung ist, dass der Essig

Abb. 17. Richtiges Ablesen am Aräometer.

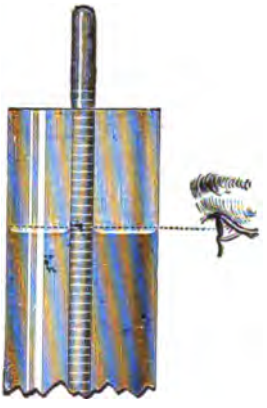


Abb. 18. Falsches Ablesen am Aräometer.

keinen Alkohol enthält, was man mit Hilfe des Destillierapparates ermittelt.

Die gefundene Abweichung des Spindelungs- vom Titrationsresultat sei als Extraktdifferenz bezeichnet.

Gesetzt den Fall, bei der Titration wäre ein Säuregehalt von 9 pCt. und bei der Spindelung ein solcher von 10 pCt. gefunden worden, so beträgt die Extraktdifferenz 10—9 = 1. Der Extraktgehalt des untersuchten Essigs ist also um 1 pCt. höher als derjenige, auf den die Essigspindel eingestellt ist.

Mit der Essigspindel gemessen, wird also der Säuregehalt sämtlicher alkoholfreien Essige der Fabrik, aus welcher der untersuchte Essig stammt, um 1 pCt. zu hoch gefunden werden; von dem mit der Essigwage erhaltenen Resultat ist also 1 pCt. abzuziehen.

Hätte die Spindelung ein niedrigeres Resultat als die Titration gegeben, wäre beispielsweise der wahre Säuregehalt durch Titrieren mit 9 pCt. und der scheinbare durch Spindeln mit $8^1/_2$ pCt. festgestellt

worden, so müsste die Extraktdifferenz — in diesem Falle $^1/_2$ pCt. — zu den mit der Essigwage erhaltenen Resultaten hinzugezählt werden.

Es liegt auf der Hand, dass bei einmaliger Bestimmung der Extraktdifferenz die neue Säurespindel ein wertvolles Instrument bei der Betriebskontrolle ist, da Spindelungen schneller ausgeführt werden als Titrationen.

Will man den Säuregehalt der Essige einer ganzen Fabrik mit der Essigspindel bestimmen, so verfährt man in der Weise, dass man von sämtlichen Bildnern Proben nimmt und diese an einen mässig kühlen Ort stellt. Nach einiger Zeit ($^1/_2$ bis 1 Stunde) haben alle Proben die gleiche Temperatur angenommen. Da nun die Extraktdifferenz ein für allemal schon vorher festgestellt ist, braucht man nur bei einer Probe zu ermitteln, um wieviel das Resultat durch die augenblickliche Temperatur der Proben verändert wird. Liegt diese Temperatur höher als 17,5° Cels. = 14° R., so wird der Säuregehalt zu niedrig, liegt sie niedriger, so wird er zu hoch gefunden werden. Zu den erhaltenen Resultaten ist also — abgesehen von der Extraktdifferenz — in ersterem Falle die durch den Temperaturunterschied bedingte Differenz, die nur bei einem Essig ermittelt werden braucht, hinzuzuzählen oder bei zu niedriger Temperatur der Proben abzuziehen.

Werden die Essige auf eine Temperatur von 17,5° Cels. = 14° R. eingestellt, so entfällt die Temperaturkorrektur.

Bei der Untersuchung von Essigen mit Hilfe der Säurespindel ist aber, wie bereits erwähnt wurde, noch ein Umstand in Betracht zu ziehen, nämlich die Veränderung des Resultates durch einen eventuellen Alkoholgehalt des Essigs.

Die Essigspindel ist ein Instrument, mit dem das spezifische Gewicht von Flüssigkeiten bestimmt werden kann. Da nun der Essigsäuregehalt das spezifische Gewicht von Wasser erhöht, während dasselbe durch einen Gehalt an Alkohol vermindert wird, so hebt ein eventueller Alkoholgehalt beim Arbeiten mit der Essigspindel den Säuregehalt anscheinend teilweise, bisweilen bei starkem Alkoholgehalt sogar ganz auf. Nähere Angaben über diese Verhältnisse werden auf S. 47ffg. gemacht werden.

Bei Erhöhungen oder Verminderungen des Extraktgehaltes der Essige, die dann eintreten, wenn der Nährstoffgehalt der Maischen vermehrt oder herabgesetzt wird, muss natürlich die „Extraktdifferenz“ von neuem ermittelt werden.

Werden Nährsalze und unvergorene Sirupe zum Einstellen der Maischen benutzt, so kann man schon aus dem erhöhten oder verminderten Quantum dieser Nährmittel einen direkten Schluss auf die Änderung des Extraktgehaltes des Essigs ziehen.

Bei der Benutzung von Bier, Wein, Malzauszug usw. als Nährstoffe für die Essigpilze ist indessen ein derartiger Schluss nicht so leicht möglich, da der Extraktgehalt dieser Stoffe selbst sehr variabel ist, was bei Salzen überhaupt nicht und bei Sirup nur selten, in geringem Masse der Fall ist.

Essigsäure, Essigsäurehydrat, Essigsäureanhydrid.

Anstatt den Prozentgehalt eines Essigs einfach mit den Worten 4 oder 10 oder x Prozent Essigsäure anzugeben, findet sich sowohl in Lehrbüchern, wie auch bei den Handelsabmachungen über den Verkauf von Essig häufig die Bezeichnung Essigsäurehydrat. Man sagt also vielfach nicht ein Essig enthält beispielsweise 12 pCt. Essigsäure, sondern 12 pCt. Essigsäurehydrat. Diese Ausdrucksweise ist nicht richtig, denn sie entspricht nicht unseren chemischen Kenntnissen von der Zusammensetzung der Essigsäure.

Unter „Hydraten" versteht man in der Chemie Vereinigungen chemischer Verbindungen mit Wasser. So kennt man beispielsweise von der Schwefelsäure Hydrate, nämlich Verbindungen von 1 Molekül Schwefelsäure H_2SO_4 mit 1 Molekül Wasser H_2O, also $H_2SO_4 + H_2O$ oder von 1 Molekül Schwefelsäure mit 2 Molekülen Wasser, also $H_2SO_4 + 2\,H_2O$.

Eine derartige Zusammensetzung zeigt aber das sogenannte „Essigsäurehydrat" nicht. Dieses ist vielmehr Essigsäure, die in chemischem Sinne wasserfrei ist. 100prozentiges sogenanntes „Essigsäurehydrat" ist also 100prozentige, wasserfreie Essigsäure oder Eisessig. Die Formel für „Essigsäurehydrat" sieht demgemäss folgendermassen aus: $CH_3COOH = C_2H_4O_2$; die Elemente des Wassers H_2O sind in dem sogenannten Essigsäurehydrat nicht in ihrem molekularen Verhältnis (2 H und 1 O = H_2O) enthalten.

Die im chemischen Sinne falsche Bezeichnung Essigsäurehydrat rührt aus einer Zeit her, in der man die chemischen Formeln nach Äquivalenten konstruierte. Die Formel für chemisch reine Essigsäure wurde damals folgendermassen geschrieben: $C_4H_4O_4 = C_4H_2O_3 + OH$, worin OH das Wasser versinnbildlichte.

Man fasste also in früheren Zeiten die chemisch reine Essigsäure als bestehend aus wasserfreier Essigsäure = $C_4H_2O_3$ (im alten Sinne) und aus Wasser = OH (auch alte Formel) auf.

Diese Anschauung konnte unserer modernen atomistischen Theorie nicht standhalten. Trotzdem ist aber der Ausdruck „Essigsäurehydrat" für chemisch reine Essigsäure noch von alters her bei der Essigfabrikation beibehalten worden. Wenn also in der Praxis von Essigsäure-

hydrat die Rede ist, so ist stets die chemisch reine Essigsäure CH_3COOH mit dem Molekulargewicht 60 gemeint.

Die alte Formel für Essigsäureanhydrid war $C_4H_6O_3$. Diese Zusammensetzung entspricht aber auch nicht mehr unserer neueren Auffassung; aus $C_4H_6O_3$ ist $C_4H_6O_3$ geworden.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, sieht die chemisch reine Essigsäure in der Formelsprache vielmehr folgendermassen aus: $C_2H_4O_2 = CH_3COOH$.

Da ein Anhydrid eine, wie der Name besagt, von Wasser befreite chemische Verbindung darstellt und in dem Molekül Essigsäure CH_3COOH Wasser als solches weder enthalten ist, noch durch eine andere, chemisch denkbare Konfiguration der Atome entstehen kann, so sind zur Bildung von Essigsäureanhydrid zwei Moleküle reiner Essigsäure CH_3COOH nötig.

Diese ergeben bei einer Wasserabspaltung nach folgender Formelgleichung:

$$\begin{matrix} CH_3COOH \\ CH_3COOH \end{matrix} = \begin{matrix} CH_3CO \\ CH_3CO \end{matrix}\!\!>\!O + H_2O$$

Essigsäureanhydrid und Wasser.

2 Moleküle Essigsäure $= 2 \times 60 = 120$ zerfallen also in 1 Molekül Essigsäureanhydrid $= 102$ und 1 Molekül Wasser $= 18$.

$$102 + 18 \text{ gibt } 120.$$

Aus diesen Zahlen, welche die Molekulargewichte der in Frage kommenden Verbindungen repräsentieren, ergibt sich das Molekulargewicht des Essigsäureanhydrids zu 102. Man kann also, da sowohl das Molekulargewicht der Essigsäure, wie das ihres Anhydrids gegeben ist, mit Leichtigkeit berechnen, in welchem Verhältnis beide zu einander stehen:

120 *g* Essigsäure, chemisch rein, entsprechen 102 *g* Essigsäureanhydrid,

1 *g* Essigsäure entspricht also $\frac{102}{120} = 0{,}85$ *g* Essigsäureanhydrid.

Weiter entsprechen:

1,5 *g*	Essigsäure	1,275 *g*	Essigsäureanhydrid
2,0 „	„	1,7 „	„
2,5 „	„	2,125 „	„
3,0 „	„	2,55 „	„
3,5 „	„	2,975 „	„
4,0 „	„	3,4 „	„ usw.

In den Tabellen, die in den Lehrbüchern der Essigfabrikation und auch in Werken über Nahrungsmitteluntersuchungen abgedruckt sind, ist meist der alte fälschliche Ausdruck „Essigsäurehydrat“ für Essigsäure beibehalten worden; gleichwohl ist hiermit, wie vorstehend aus-

Tabelle zur Umrechnung von Essigsäure-Prozenten in Essigsäureanhydrid-Prozente nach Otto.

Essigsäure	Essigsäure-anhydrid	Essigsäure	Essigsäure-anhydrid	Essigsäure	Essigsäure-anhydrid
1,00	0,85	4,75	4,03	8,50	7,22
1,25	1,06	5,00	4,25	8,75	7,43
1,50	1,27	5,25	4,46	9,00	7,65
1,75	1,48	5,50	4,67	9,25	7,86
2,00	1,70	5,75	4,88	9,50	8,07
2,25	1,91	6,00	5,10	9,75	8,28
2,50	2,12	6,25	5,37	10,00	8,50
2,75	2,33	6,50	5,52	10,25	8,71
3,00	2,55	6,75	5,73	10,50	8,92
3,25	2,76	7,00	5,95	10,75	9,13
3,50	2,97	7,25	6,16	11,00	9,35
3,75	3,18	7,50	6,37	11,25	9,56
4,00	3,40	7,75	6,58	11,50	9,77
4,25	3,61	8,00	6,80	11,75	9,98
4,50	3,82	8,25	7,01	12,00	10,20

Die Essigsäure-Prozente geben mit 0,85 multipliziert Essigsäureanhydrid-Prozente.

Tabelle zur Umrechnung von Essigsäureanhydrid-Prozenten in Essigsäure-Prozente nach Otto.

Essigsäure-anhydrid	Essigsäure	Essigsäure-anhydrid	Essigsäure	Essigsäure-anhydrid	Essigsäure
1,00	1,17	4,75	5,58	8,50	10,00
1,25	1,46	5,00	5,88	8,75	10,28
1,50	1,76	5,25	6,17	9,00	10,58
1,75	2,05	5,50	6,47	9,25	10,87
2,00	2,35	5,75	6,76	9,50	11,17
2,25	2,64	6,00	7,06	9,75	11,46
2,50	2,93	6,25	7,35	10,00	11,76
2,75	3,22	6,50	7,64	10,25	12,05
3,00	3,52	6,75	7,93	10,50	12,35
3,25	3,81	7,00	8,23	10,75	12,64
3,50	4,11	7,25	8,52	11,00	12,94
3,75	4,40	7,50	8,81	11,25	13,23
4,00	4,70	7,75	9,10	11,50	13,52
4,25	5,00	8,00	9,40	11,75	13,81
4,50	5,29	8,25	9,70	12,00	14,11

Die Essigsäureanhydrid-Prozente geben durch 0,85 dividiert Essigsäure-Prozente.

geführt wurde, keine wasserhaltige Essigsäure, sondern stets die chemisch reine Essigsäure von der Formel $CH_3COOH = C_2H_4O_2$ gemeint.

Die beiden vorstehenden ausführlichen, von Otto berechneten Tabellen gestatten eine bequeme Umwandlung von Essigsäureprozenten in solche von Essigsäureanhydrid.

Instrumente und Apparate zur Bestimmung des Alkohols.

Die Alkoholometer.

Zur Untersuchung des Alkoholgehaltes von Spiritus bedient man sich der Alkoholometer. Es sind dieses Aräometer oder Senkwagen, die um so tiefer in die Flüssigkeit eintauchen, je niedriger deren spezifisches Gewicht ist. Da nun das spezifische Gewicht des Alkohols kleiner als Wasser ist — nämlich 0,7946 — so wird eine Mischung von Alkohol mit Wasser ein um so geringeres spezifisches Gewicht besitzen, je mehr Alkohol in dem Gemische enthalten ist. Das Alkoholometer sinkt also um so tiefer in einen Sprit ein, je mehr Alkohol derselbe enthält.

Da indessen bei dem Vermischen von hochprozentigem Alkohol mit Wasser eine Verminderung des Volumens, eine Kontraktion eintritt, während dieses bei schwachprozentigem nicht der Fall ist, kann die Abnahme des spezifischen Gewichtes von alkoholischen Gemischen bei wachsender Alkoholmenge nicht in dem gleichen Verhältnisse erfolgen.

Aus dieser Erscheinung erklärt sich auch die Tatsache, dass die Volumenprozente Alkohol eines Sprites nicht mit den Gewichtsprozenten identisch sind. Es geben beispielsweise 100 *l* Wasser und 100 *l* reiner Alkohol nicht etwa 200 *l* 50 prozentigen Sprit, sondern nur 192,75 *l* von 51,8 Volumen, bzw. 44,2 Gewichtsprozenten.

Der Prozentgehalt eines Sprits an Alkohol ist aber nicht allein von dem Mischungsverhältnis von Wasser und Alkohol, sondern auch von der Temperatur abhängig. Je höher die Temperatur ist, desto geringer wird das spezifische Gewicht; das Alkoholometer sinkt also um so tiefer ein und zeigt somit einen höheren Prozentgehalt als bei niederer Temperatur an.

Man muss daher die Messung eines Sprites bei einer Normaltemperatur vornehmen, oder die bei einer beliebigen Temperatur gefundene Stärke auf die Normaltemperatur reduzieren.

Die folgende Tabelle gibt an, wie sich die Stärke eines Sprits bei verschiedenen Temperaturgraden — 0 bis 25° R. — verändert.

Wärmegrade R.	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	Vol.-pCt.
0	75,8	76,8	77,8	78,7	79,7	80,6	81,6	82,5	83,5	84,4	Wahre Spiritusstärke, wenn die oben angeführten Werte bei den verschiedenen, in der ersten Reihe angegebenen Temperaturgraden gefunden wurden.
+ 1	75,4	76,4	77,4	78,4	79,3	80,3	81,2	82,2	83,1	84,1	
2	75,1	76,0	77,0	78,0	79,0	80,0	80,9	81,9	82,8	83,8	
3	74,7	75,7	76,7	77,6	78,6	79,6	80,6	81,5	82,5	83,4	
4	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,2	80,2	81,2	82,1	83,1	
5	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,8	79,8	80,8	81,8	82,7	
6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,4	79,4	80,4	81,4	82,4	
7	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,0	79,0	80,0	81,0	82,0	
8	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,6	78,6	79,6	80,6	81,6	
9	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	79,2	80,2	81,2	
10	72,0	72,9	73,9	74,9	75,9	76,9	77,9	78,9	79,9	80,9	
11	71,6	72,6	73,5	74,5	75,5	76,5	77,5	78,5	79,5	80,5	
12	71,2	72,2	73,2	74,2	75,2	76,2	77,2	78,2	79,2	80,2	
13	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,8	76,8	77,8	78,8	79,8	
14	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,4	76,4	77,4	78,4	79,4	
15	70,1	71,1	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,1	78,1	79,1	
16	69,7	70,7	71,7	72,7	73,7	74,7	75,7	76,7	77,7	78,7	
17	69,2	70,3	71,3	72,3	73,3	74,3	75,3	76,3	77,3	78,3	
18	68,8	69,8	70,8	71,8	72,8	73,8	74,8	75,9	76,9	77,9	
19	68,4	69,4	70,4	71,4	72,4	73,4	74,4	75,5	76,5	77,5	
20	68,0	69,0	70,0	71,0	72,1	73,1	74,1	75,1	76,1	77,2	
21	67,6	68,6	69,6	70,6	71,7	72,7	73,7	74,7	75,8	76,8	
22	67,1	68,2	69,2	70,2	71,2	72,3	73,3	74,3	75,3	76,4	
23	66,7	67,7	68,7	69,7	70,8	71,8	72,8	73,9	74,9	76,0	
24	66,2	67,2	68,3	69,3	70,3	71,4	72,4	73,4	74,5	75,5	
25	65,8	66,8	67,9	68,9	69,9	71,0	72,0	73,0	74,1	75,1	

Da die Alkoholometer das spezifische Gewicht anzeigen, dürfen die mit den Alkoholometern gemessenen Flüssigkeiten, ausser Alkohol und Wasser, keine anderen Stoffe, die das spezifische Gewicht und damit die Stärke der Flüssigkeiten beeinflussen würden, enthalten. Extrakt- oder essigsäurehaltige Flüssigkeiten, wie Maischen, Denaturat, Weine usw. dürfen also nicht auf ihren Alkoholgehalt mit den Aräometern geprüft werden.

Die Handhabung der Alkoholometer und das Ablesen des Resultates geschieht genau in derselben Weise wie bei der Essigspindel; siehe Seite 21. Es sei aber nochmals darauf aufmerksam gemacht, dass der

Wärmegrade R.	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	Vol.-pCt.
0	85,4	86,3	87,2	88,2	89,1	90,1	91,0	91,9	92,8	93,7	Wahre Spirtusstärke, wenn die oben angeführten Werte bei den verschiedenen, in der ersten Reihe angegebenen Temperaturgraden gefunden wurden.
+ 1	85,0	86,0	86,9	87,8	88,8	89,7	90,7	91,6	92,5	93,4	
2	84,7	85,7	86,6	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,2	93,1	
3	84,4	85,4	86,3	87,2	88,2	89,1	90,1	91,0	91,9	92,8	
4	84,1	85,0	86,0	86,9	87,9	88,8	89,8	90,7	91,6	92,6	
5	83,7	84,7	85,6	86,6	87,5	88,5	89,4	90,4	91,3	92,3	
6	83,3	84,3	85,3	86,2	87,2	88,1	89,1	90,0	91,0	92,0	
7	82,9	83,9	84,9	85,9	86,8	87,8	88,8	89,7	90,7	91,7	
8	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,4	89,4	90,4	91,4	
9	82,2	83,2	84,2	85,1	86,1	87,1	88,1	89,1	90,1	91,1	
10	81,8	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,8	89,8	90,8	
11	81,5	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5	90,5	
12	81,2	82,2	83,1	84,1	85,1	86,1	87,1	88,1	89,1	90,1	
13	80,8	81,8	82,8	83,8	84,8	85,8	86,8	87,8	88,8	89,8	
14	80,4	81,5	82,5	83,5	84,5	85,5	86,5	87,5	88,5	89,5	
15	80,1	81,1	82,1	83,1	84,2	85,2	86,2	87,2	88,2	89,2	
16	79,7	80,7	81,7	82,7	83,8	84,8	85,8	86,8	87,9	88,9	
17	79,3	80,3	81,3	82,4	83,4	84,4	85,5	86,5	87,5	88,5	
18	78,9	79,9	81,0	82,0	83,0	84,1	85,1	86,1	87,2	88,2	
19	78,6	79,6	80,6	81,7	82,7	83,7	84,7	85,8	86,8	87,9	
20	78,2	79,2	80,3	81,3	82,3	83,4	84,4	85,4	86,5	87,6	
21	77,8	78,9	79,9	81,0	82,0	83,0	84,1	85,1	86,2	87,2	
22	77,4	78,5	79,5	80,6	81,6	82,7	83,7	84,7	85,8	86,9	
23	77,0	78,0	79,1	80,1	81,2	82,2	83,3	84,4	85,4	86,5	
24	76,6	77,6	78,7	79,7	80,8	81,8	82,9	83,9	85,0	86,1	
25	76,2	77,2	78,3	79,3	80,4	81,5	82,5	83,6	84,7	85,8	

dicke Schwimmkörper des Instrumentes nicht mit der feuchten oder warmen Hand angefasst werden darf, dass ein unvorsichtiges Hineingleitenlassen der Spindel in den Sprit falsch ist, und dass dieselbe in der Flüssigkeit frei schwimmen, nicht an der Zylinderwandung adhärieren darf. Sie darf auch nicht anhaftende Luftbläschen zeigen. Die Spindel soll möglichst die Temperatur des zu untersuchenden Sprits besitzen, was man dadurch erreicht, dass man sie, wenn bei beliebiger Temperatur untersucht wird, einige Zeit in demselben Raume liegen lässt, in dem sich der Zylinder mit der Spritprobe befindet oder, wenn bei Normaltemperatur gespindelt wird, in Wasser schwimmen

Wärmegrade R.	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	Vol.-pCt.
0	94,6	95,5	96,4	97,2	98,1	99,0	99,8				Wahre Spiritusstärke, wenn die oben angeführten Werte bei den verschiedenen, in der ersten Reihe angegebenen Temperaturgraden gefunden wurden.
+ 1	94,3	95,2	96,1	97,0	97,9	98,7	99,6				
2	94,1	95,0	95,9	96,8	97,6	98,5	99,4				
3	93,8	94,7	95,6	96,5	97,4	98,3	99,2				
4	93,5	94,4	95,4	96,3	97,2	98,1	99,0	99,9			
5	93,2	94,2	95,1	96,0	96,9	97,8	98,8	99,7			
6	92,9	93,9	94,8	95,8	96,7	97,6	98,5	99,5			
7	92,6	93,6	94,6	95,5	96,4	97,4	98,3	99,2			
8	92,3	93,3	94,3	95,3	96,2	97,1	98,1	99,0	99,9		
9	92,1	93,0	94,0	95,0	95,9	96,9	97,8	98,8	99,7		
10	91,7	92,7	93,7	94,7	95,7	96,6	97,6	98,6	99,5		
11	91,4	92,4	93,4	94,4	95,4	96,4	97,4	98,3	99,3		
12	91,1	92,1	93,1	94,1	95,1	96,1	97,1	98,1	99,1		
13	90,8	91,8	92,8	93,8	94,8	95,8	96,9	97,9	98,9	99,9	
14	90,5	91,5	92,5	93,5	94,5	95,5	96,6	97,6	98,7	99,7	
15	90,2	91,2	92,2	93,2	94,2	95,2	96,3	97,4	98,4	99,5	
16	89,9	90,9	91,9	92,9	93,9	94,9	96,0	97,1	98,2	99,3	
17	89,6	90,6	91,6	92,6	93,6	94,7	95,7	96,8	97,9	99,0	
18	89,3	90,3	91,3	92,3	93,4	94,4	95,4	96,6	97,7	98,8	
19	89,0	90,0	91,1	92,1	93,1	94,1	95,1	96,3	97,4	98,6	
20	88,6	89,7	90,7	91,8	92,8	93,9	94,9	96,0	97,2	98,3	
21	88,3	89,4	90,4	91,5	92,5	93,6	94,7	95,8	96,9	98,1	
22	88,0	89,0	90,1	91,2	92,2	93,3	94,4	95,5	96,7	97,8	
23	87,6	88,7	89,8	90,8	91,9	93,0	94,1	95,2	96,4	97,6	
24	87,2	88,3	89,3	90,4	91,5	92,7	93,8	94,9	96,1	97,3	
25	86,9	87,9	89,0	90,1	91,3	92,4	93,5	94,6	95,8	97,1	

lässt, welches annähernd Normaltemperatur besitzt. Im letzteren Falle ist die Spindel vor dem Eintauchen in den Sprit schnell, ohne sie längere Zeit mit der warmen Hand zu berühren, mit einem sauberen Tuch abzutrocknen.

Differiert die Temperatur von Sprit und Aräometer erheblich, was z. B. dann eintritt, wenn man in den warmen Sommermonaten die Spindel nicht abkühlt, den Sprit aber auf Normaltemperatur einstellt, so muss man, bevor das Resultat an der Skala abgelesen wird, die Spindel erst einige Zeit — etwa 1 bis 2 Minuten — in dem Sprit belassen, bis ein Ausgleich der Temperaturen des Sprits und der Spindel

stattgefunden hat. Wird der Zylinder nicht von aussen gekühlt, so steigt die Temperatur des Sprits in dieser Zeit. Die Temperaturerhöhung muss natürlich berücksichtigt werden. Man liest die Temperaturerhöhung entweder an einem besonderen Thermometer, oder, falls die Spindel mit einem Thermometer versehen ist, an diesem ab.

Alkoholometer nach Tralles.

Das früher in Deutschland gebräuchliche amtliche Alkoholometer war dasjenige nach Tralles.

Dasselbe ist nach Volumenprozenten eingeteilt. Die Normaltemperatur für die Trallesspindel ist $15^1/_2°$ C. = 12,4° R. = 60° F. Bei dieser Temperatur gemessen gibt das Instrument genau den Alkoholgehalt des Sprits in Volumenprozenten an.

Das einstige amtliche Instrument ist mit einem Thermometer versehen, welches die Grade − 10 bis + 25 nach Réaumur anzeigt.

Die Skala des Alkoholometers musste mindestens in halbe Prozente eingeteilt sein; sie konnte aber auch eine Einteilung von Fünftel- oder Zehntelprozenten zeigen. War die Skala in halbe Prozente eingeteilt, so musste das Thermometer ganze oder halbe Grade erkennen lassen. Dagegen durfte eine Spindel, die Fünftel- oder Zehntelprozente anzeigte, nur mit einer Thermometerskala verbunden sein, die in halbe oder in Fünftelgrade eingeteilt war.

Diejenigen früheren amtlichen Trallesspindeln, welche halbe Prozente anzeigten, waren mit Skalen versehen, die Alkoholgehalte innerhalb der Grenzen von 60 pCt. messen liessen. In Fünftel- oder Zehntelprozente geteilte Skalen durften nicht mehr als 40 pCt. umfassen und nur Alkoholgehalte von 40 pCt. und darüber angeben.

Eine genaue Beschreibung der in früheren Jahren amtlicherseits benutzten grossen Trallesspindeln ist deshalb hier gegeben worden, weil derartige Spindeln auch jetzt noch häufig in Essigfabriken privatim benutzt werden und somit leicht bei Verwechslungen mit dem jetzt von der Steuerbehörde verwendeten Alkoholometer nach Gewichtsprozenten eine falsche Berechnung des Alkoholgehaltes der Maischen erfolgen kann.

Abgesehen von den langen Trallesspindeln bedient man sich, um niedrige Alkoholprozente festzustellen, der sogenannten Lutterprober; auch Aräometer nach Volumenprozenten.

Es sind dieses im Gegensatze zu den ersteren Spindeln, die sowohl lange Schwimmkörper wie auch lange Skalen besitzen, ganz kurze, Volumenprozente anzeigende Aräometer, die Einteilungen von 0 bis 3, 3 bis 6, 6 bis 9, 9 bis 12 und 12 bis 15 pCt. zeigen. Abgesehen von den ganzen Prozenten ist der Zwischenraum zwischen den ganzen Prozenten noch in Zweizehntelprozente eingeteilt.

Wegen der Kleinheit der Skala ist die Herstellung eines solchen Instrumentes mit Schwierigkeiten verknüpft; es kommt daher vor, dass diese Spindeln teilweise $^1/_{10}$ bis $^2/_{10}$ pCt. zu wenig oder auch zu viel anzeigen.

Lutterprober heissen diese Instrumente deshalb, weil mit ihnen ursprünglich der Lutter, d. h. das wässerige, nur wenige Zehntel oder gar keinen Alkohol zeigende Kondensat bei der Spiritusdestillation auf seinen Alkohol geprüft wurde.

Frings jr. hat die Einteilung von 0 bis 3, 3 bis 6, 6 bis 9, 9 bis 12, 12 bis 15 pCt. aufgegeben und die Lutterprober von 0 bis 7 und von 7 bis 14 pCt. eingeteilt.

Alkoholometer nach Salleron.

Die Salleronspindel zeigt auch Volumenprozente an. Wegen des abgeplatteten Skalenrohres, welches nicht so gleichmässig gezogen werden kann, wie ein rundes Röhrchen, eignet sich das gleichfalls zur Ermittelung des Alkohols in schwachprozentigen Destillaten bestimmte Instrument aber weniger zu Untersuchungen als die Lutterprober.

Alkoholometer nach Richter.

Es ist dieses eine Spindel, die den Alkoholgehalt nach Gewichtsprozenten angibt. Die Normaltemperatur, d. h. also diejenige Temperatur, bei der die Spindel den Alkoholgehalt richtig anzeigt, ist 15° C. = 12°R.

Das amtliche Alkoholometer

ist jetzt dasjenige nach Gewichtsprozenten. Das Instrument gibt also an, wieviel Kilogramm Alkohol in 100 *kg* Sprit enthalten sind. Selbstverständlich sind die Angaben des Alkoholometers nur dann richtig, wenn die Untersuchung bei der Normaltemperatur von 15° C. = 12° R. vorgenommen worden ist.

Zur Bestimmung der Stärke von Branntwein sind hauptsächlich nur zwei Arten von Gewichtsalkoholometern im Gebrauch. Die eine Spindel dient zur Messung von Spriten, deren Prozentgehalt zwischen 10 und 67 schwankt, während die andere Branntweinstärken von 65—100 anzeigt.

Im ersteren Falle ist die Skala des Alkoholometers nach halben Prozenten eingeteilt und die Thermometerskala nach ganzen Graden. Bei der zweiten Art von Spindeln besitzt die Alkoholskala eine Einteilung nach Fünftelprozenten, während das Thermometer halbe Grade anzeigt.

Die Instrumente tragen auf der Alkoholskala die Bezeichnung „Alkoholometer nach Gewichtsprozenten“ und auf der Thermometerskala die Bezeichnung „Grade des 100teiligen Thermometers“. Sie sind

zwecks Unterscheidung von den früher üblichen Trallesspindeln auf beiden Seiten der Thermometerskala mit einem blassroten Strich von etwa 1 *mm* Breite versehen.

Um Branntwein mit einem Gehalt von weniger als 10 Gewichtsprozenten zu messen, bedient sich die Steuerbehörde ausserdem noch eines kleinen, den Lutterprobern ähnlichen Instrumentes, welches aber auch ein Thermometer besitzt. Die Einteilung der Alkoholskala zeigt in diesem Falle ganze Prozente an, ebenso die Skala des Thermometers ganze Grade.

Beziehungen zwischen Volumen- und Gewichtsprozenten.

Da reiner Alkohol bei dem Vermischen mit Wasser eine Kontraktion erfährt, stimmen Gewichts- und Volumenprozente nicht miteinander überein. Die Zahl, welche die Volumenprozente angibt, ist höher als diejenige der Gewichtsprozente oder ein Sprit von derselben Stärke zeigt, mit der Trallesspindel (Volumenprozent) gemessen, scheinbar einen höheren Gehalt, als an dem Richterschen Aräometer (Gewichtsprozent).

Will man Volumenprozente in Gewichtsprozente umrechnen, so muss man die ersteren, falls sie nicht bei Normaltemperatur ermittelt wurden, zunächst auf diese zurückführen; vgl. Tabellen auf Seite 27—29.

Mit Hilfe einer besonderen Tabelle kann man dann aus den Volumenprozenten die Gewichtsprozente finden.

Man kann sich die letzteren indessen auch aus den Volumenprozenten berechnen.

10 pCt. Alkohol nach Tralles entsprechen etwa 8 pCt. nach Richter; indessen ist die Differenz bei den verschiedenen Alkoholstärken nicht eine gleichmässige.

Es bestehen folgende Beziehungen zwischen Volumen- und Gewichtsprozenten:

Volumenprozente	sind Gewichtsprozente
0,0	0,00
1,0	0,80
2,0	1,60
3,0	2,40
4,0	3,20
5,0	4,00
6,0	4,80
7,0	5,62
8,0	6,42
9,0	7,24
10,0	8,05

Differenz der Volumenprozente untereinander	der Gewichtsprozente untereinander
1,0	0,80
1,0	0,80
1,0	0,80
1,0	0,80
1,0	0,80
1,0	0,80
1,0	0,82
1,0	0,80
1,0	0,82
1,0	0,81

Während also innerhalb der Grenzen 1—10 die Volumenprozente um 1 erhöht werden, steigen die Gewichtsprozente um ca. 0,8 von einem zum anderen Volumenprozent.

Bei zunehmendem Alkoholgehalte ändert sich diese Differenz. Sie beträgt innerhalb der Grenzen von 10 zu 20 Volumenprozenten etwa 0,82 bei den Gewichtsprozenten. Bei den mit den Volumenprozenten von 20—30 korrespondierenden Gewichtsprozenten beträgt die Differenz für 1 Volumenprozent etwa 0,84. Innerhalb der Grenzen 30—40 (Volumenprozente) erhöhen sich die Gewichtsprozente für 1 Volumenprozent jedesmal um etwa 0,87. Bei dem Intervall 40—50 Volumenprozente beträgt die Differenz im Mittel etwa 0,915. Bei einem Alkoholgehalt von 50—60 Volumenprozent ist eine Differenz von etwa 0,97 im Mittel anzunehmen. Bei den Volumenprozenten 60—70 beträgt die Differenz im Mittel etwa 1,03. Bei 70—80 ist die Differenz etwa 1,11. Bei 80—90 ist die Differenz etwa 1,215 im Mittel. Bei 90—100 beträgt die Differenz im Mittel etwa 1,37.

Aus den vorstehenden Angaben lässt sich mit Leichtigkeit ermitteln, wieviel Gewichtsprozente Alkohol einer gegebenen Zahl von Volumenprozenten bei der Normaltemperatur von 15,5°C. = 12,4°R. entsprechen. Allerdings sind die resultierenden Werte nicht absolut genau, da die Differenz der Gewichtsprozente nur im Mittel von 10 zu 10 Volumenprozent angegeben ist. Immerhin stimmen aber die so erhaltenen Zahlen gut mit den wirklichen Werten überein.

Einige Beispiele mögen erläutern, wie man aus Volumenprozenten Alkohol die entsprechenden Gewichtsprozente findet.

1. Angenommen, es soll festgestellt werden, wieviel Gewichtsprozente 20 Volumenprozent Alkohol bei 15,5° C. entsprechen.

Die Differenz für die Gewichtsprozente Alkohol beträgt innerhalb der Grenze 10 : 20 (Volumenprozent) etwa 0,82.

10 Volumenprozent Alkohol entsprechen 8,05 Gewichtsprozent (siehe vorstehende Tabelle). Die Differenz beträgt bei jeder Erhöhung um 1 Volumenprozent, von 7 Volumenprozent ab, 0,82, also bei der Erhöhung um 10 Volumenprozent $10 \times 0{,}82 = 8{,}2$. Zu den 8,05 Gewichtsprozent kommen also, um den Wert für die Gewichtsprozente zu finden, welche 20 Volumenprozenten entsprechen, noch 8,2 hinzu.

8,05
+ 8,2

Summa 16,25 Gewichtsprozent entsprechen nach unserer Rechnung 20 Volumenprozent Alkohol. Die genaue Zahl ist 16,28.

2. Wie hoch ist der Wert für die Gewichtsprozente, die 26 Volumenprozenten Alkohol entsprechen.

Die Differenz bei 20—30 Volumenprozenten beträgt 0,84.

$$6 \times 0{,}84 = 5{,}04.$$

8,05 Gew.-pCt. entsprechen den ersten 10 Vol.-pCt. Alkohol
+ 8,2 „ „ „ zweiten 10 Vol.-pCt. Alkohol
+ 5,04 „ „ „ darauffolgenden 6 Vol.-pCt. Alkohol
21,29 Gew.-pCt. entsprechen 26 Vol.-pCt. Alkohol.

Der genaue Wert beträgt 21,3.

Nach diesen Beispielen kann man ohne weiteres eine für Volumenprozente gegebene Zahl in Gewichtsprozente umrechnen.

Zur Erleichterung sei noch nebenstehende Tabelle hinzugefügt:

Für die Essigfabrikation kommen, abgesehen von den Zahlen, die zwischen 5 und 10 Vol.-pCt. liegen und die schon in der ersten Tabelle angeführt wurden, noch diejenigen Werte in Betracht, welche dem Alkoholgehalt der starken Maische und dem des eingekauften Sprits entsprechen. Es seien daher hier noch folgende Zahlen angegeben[1]):

Volumenprozente	entsprechen	Gewichtsprozenten
30,0	. . . . .	24,69
30,5	. . . . .	25,12
31,0	. . . . .	25,55
31,5	. . . . .	25,98
32,0	. . . . .	26,40
32,5	. . . . .	26,83
33,0	. . . . .	27,26
33,5	. . . . .	27,69
34,0	. . . . .	28,13
34,5	. . . . .	28,56
35,0	. . . . .	28,99
⋮		⋮

1) Aus Maerckers Handbuch der Spiritusfabrikation, S. 176, Tabelle II.

		Gewichtsprozent	Genauer Wert
0,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen	0,0	
10,0	„ „ „	8,05	8,05
	Die Differenz im Intervall 10—20 beträgt für je 1 Vol.-pCt. 0,82. $10 \times 0{,}82$	8,2	
20,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen . . . . . Sa.	16,25	16,28
	Differenz (20—30) $\times$ 10 . . . . . =	8,4	
30,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen . . . . . Sa.	24,65	24,69
	Differenz (30—40) $\times$ 10 . . . . . =	8,7	
40,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen . . . . . Sa.	33,35	33,39
	Differenz (40—50) $\times$ 10 . . . . . =	9,15	
50,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen . . . . . Sa.	42,50	42,52
	Differenz (50—60) $\times$ 10 . . . . . =	9,7	
60,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen . . . . . Sa.	52,20	52,50
	Differenz (60—70) $\times$ 10 . . . . . =	10,3	
70,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen . . . . . Sa.	62,50	62,49
	Differenz (70—80) $\times$ 10 . . . . . =	11,1	
80,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen . . . . . Sa.	73,60	73,58
	Differenz (80—90) $\times$ 10 . . . . . =	12,15	
90,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen . . . . . Sa.	85,75	85,76
	Die Differenz bei 90—100 beträgt . . .	1,37	
94,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen		
	$(1{,}37 \times 0{,}4) + 85{,}75$ . . . . . = 5,48 + 85,75		
94,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen	85,75	
		5,48	
	Sa.	91,23	91,08
96,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen		
	$(1{,}37 \times 0{,}6) + 85{,}75$ . . . . . = 8,22 + 85,75		
96,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen	85,75	
		8,22	
	Sa.	93,97	93,89
98,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen		
	$(1{,}37 \times 0{,}8) + 85{,}75$ . . . . . = 10,96 + 85,75		
98,0	Vol.-pCt. Alkohol entsprechen	85,75	
		10,96	
	Sa.	96,71	96,84

Volumenprozente	entsprechen	Gewichtsprozenten.
40,0		33,39
41,0		34,28
42,0		35,18
43,0		36,08
44,0		36,99
⋮		⋮
75,0		67,93
77,0		70,17
79,0		72,45
81,0		74,75
83,0		77,09
85,0		79,50
86,0		80,74
87,0		81,95
88,0		83,19
89,0		84,46
90,1		85,76
91,0		87,06
92,0		88,38

Das Vaporimeter.

Dasselbe wird noch in vielen Essigfabriken zur Bestimmung des Alkoholgehaltes in den Maischen und den Ablaufessigen benutzt; auch zur Untersuchung von Wein und Bier findet es zuweilen Verwendung.

In Gebrauch sind vorwiegend zwei Arten dieses Instrumentes, von denen das eine, meist mit verschiebbarer Skala versehen, einen Alkoholgehalt bis zu 7 Volumenprozenten anzeigt, während die andere Art Untersuchungen bis zu 25 Volumenprozenten gestattet. Die letztere Art ist mit einem Thermometer versehen, welches den Zweck hat, die durch den verschiedenen Luftdruck hervorgerufenen Schwankungen des Siedepunktes der zu untersuchenden Flüssigkeiten und die dadurch verursachten Fehler feststellen zu können. Aus einer, diesem Instrumente beigefügten Tabelle und den jeweilig abgelesenen Temperaturgraden, welche das Thermometer beim Sieden anzeigt, kann man ermitteln, wie das wirkliche Resultat bei dem Normalbarometerstande von 760 *mm* ausfallen würde.

Das Prinzip des Vaporimeters beruht auf der verschiedenen Spannung des Alkohol- und des Wasserdampfes, erzeugt durch strömenden Wasserdampf. Diese Grundlage würde nun erstens voraussetzen, dass die zu untersuchende Flüssigkeit nur Wasser und Alkohol enthielte.

Dieses ist aber nicht der Fall; denn gerade bei der Untersuchung von Essigen ist ja stets Essigsäure, und zwar in sehr wechselnden Mengen, vorhanden. Da nun die Spannkraft der essigsauren Dämpfe — die Essigsäure siedet bei 118° C. — bei der Untersuchung von Essigen auf Alkohol mit in den Kauf genommen werden muss, und da der Säuregehalt, sowie auch das Verhältnis von Säure und Alkohol in den Essigen verschieden ist, wird das Resultat schon durch die Essigsäure allein beeinflusst werden.

Ausserdem enthält der Wein, das Bier, der Essig usw. stets eine Menge von Extraktstoffen.

Endlich sind die auf dem Wege der Gärung entstandenen Flüssigkeiten niemals frei von Gasen, wie Kohlensäure oder Luft.

Namentlich sind es die gasförmigen Bestandteile von gegorenen Flüssigkeiten, welche, wenn sie in den zu untersuchenden Flüssigkeiten selbst in anscheinend geringen Mengen auftreten, einen wesentlichen Einfluss auf das Resultat ausüben, ja dieses sogar häufig unbrauchbar machen.

So kann beispielsweise bei Analysen von Wein und Bier, welche infolge der Gärung (bei Wein hauptsächlich bei einer Nachgärung) oftmals erhebliche Mengen von Kohlensäure enthalten, sogar der Fall eintreten, dass das Quecksilber aus dem offenen Schenkel der Röhre herausgeschleudert wird.

Allerdings wird zwecks Bindung der Kohlensäure im Wein und Bier ein Zusatz von Kalk empfohlen. Die Vorschriften über die Verwendung desselben sind aber zum Teil nicht richtig. So ist beispielsweise empfohlen worden, einen Zusatz von wenigstens einem Teelöffel frischgebrannten Kalkes auf etwa 30 *ccm* der zu prüfenden Flüssigkeit zu machen.

Die Folge einer derartigen Behandlung von Wein oder Bier mit soviel Kalk würde eine starke Wärmeentwicklung sein, wodurch ein Teil des Alkohols verdunsten müsste. Andererseits entsteht aus dem gebrannten Kalk oder Calciumoxyd Calciumhydrat.

Das Wasser, welches hierbei der gebrannte Kalk aufnimmt, wird aber dem Wein bzw. Bier entzogen. Die Flüssigkeiten müssen also bei der enormen Menge Kalk, welche nach dieser Vorschrift angewendet wird, erheblich konzentriert werden.

Abgesehen aber von diesem Kalkzusatz zu Wein und Bier; das mit dem Vaporimeter erhaltene Resultat kann schon wegen des Extraktgehaltes dieser Flüssigkeiten keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen, denn durch Extraktstoffe wird der Siedepunkt von Flüssigkeiten erhöht.

Gänzlich zu verwerfen ist ein Zusatz von gebranntem Kalk zu Essig vor dessen Untersuchung. Essig enthält keine oder nur geringe

Mengen von Kohlensäure; eine Entfernung derselben ist also meist nicht nötig. Jedenfalls steht der Vorteil, der mit einer Bindung des kleinen Quantums Kohlensäure verbunden ist, in keinem Verhältnis zu den Nachteilen, den ein Zusatz von Kalk zu Essig haben würde. Aus Kalk und Essigsäure entsteht nämlich essigsaurer Kalk, der in Lösung geht. Dieses gelöste Calciumacetat müsste aber das Resultat beeinflussen, denn der Siedepunkt von Flüssigkeiten wird durch Salzlösungen heraufgedrückt.

Eine konzentrierte Salzlösung siedet bekanntlich bei einer weit höheren Temperatur als reines Wasser. Es ist daher anzunehmen, dass mit dem durch das Lösen von essigsaurem Kalk veränderten Siedepunkte des zu untersuchenden Essigs auch die Entwicklung und die Spannung der aus ihm entstehenden Dämpfe beeinflusst wird.

Trotzdem wird das Vaporimeter noch in vielen Essigfabriken, und zwar nicht mit Unrecht, benutzt, nämlich um vergleichende Resultate bei der Betriebskontrolle, d. h. bei der Prüfung des Ablaufessigs der einzelnen Bildner zu gewinnen.

Wenn Essige einer Fabrik, wie sie frisch von den Bildnern kommen, stets mit dem Vaporimeter untersucht werden, so enthalten dieselben ja meist, wenn keine Betriebsstörung vorliegt, annähernd gleiche Säuremengen. Der Extrakt ist in allen Fällen derselbe und Gase können in den Ablaufessigen unter diesen Verhältnissen auch nicht in nennenswerten Mengen vorhanden sein. Die vorstehend geäusserten Bedenken betreffs der verschiedenen Zusammensetzung der alkoholischen Flüssigkeiten oder betreffs des Gehaltes derselben an Kohlensäure und Luft sind also bei den vergleichenden Untersuchungen der Ablaufessige von normal arbeitenden Essigfabriken nicht oder nur in einem geringen Masse vorhanden.

Das Vaporimeter besteht aus einem Glasfläschchen *A* mit zwei Ausbauchungen, deren obere *b* in einen konischen Einschliff *c* endet (Abb. 19). Das Glasfläschchen ist zwischen seinen Ausbauchungen mit einer Marke *d* versehen, bis zu welcher es mit Quecksilber angefüllt wird. In die kleinere, obere Ausbauchung wird sodann der zu untersuchende Essig hineingebracht. Der Einschliff des Fläschchens passt auf das Ende eines U-förmigen Rohres *h*, welches an einem mit einer Skala *g* versehenem Brett *B* starr befestigt ist, genau auf. Das Brett *B* selbst ist an seinem unteren Ende in ein Messingscharnier *e* eingefügt, welches in einen ringförmig ausgebogenen Metallausschnitt übergeht. Dieser platte Metallring wird auf einen Kessel *C*, der mit Wasser gefüllt ist, aufgeschoben und hierdurch das an dem Rohr *h* befindliche Skalabrett über dem Kessel placiert. Die eigentliche Skala *g* des Brettes selbst kann fest oder beweglich angeordnet sein. Über den Kessel wird, nachdem der ringförmige Körper *e* aufgepasst und das Fläschchen *A*

auf den Einschliff des Skalenrohres aufgesetzt ist, ein geschlossener Zylinder *E* gestülpt, der nur in seinem oberen Teile ein kleines Loch besitzt (Abb. 20).

Zündet man nun die unter dem Kessel befindliche Spirituslampe *D* an, so gerät das in dem Kessel befindliche Wasser sehr bald

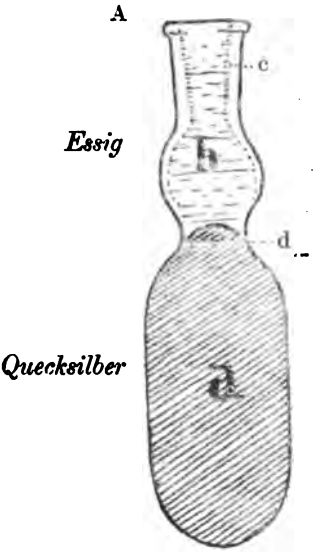


Abb. 19. Glasfläschchen mit Quecksilber und Essig angefüllt.

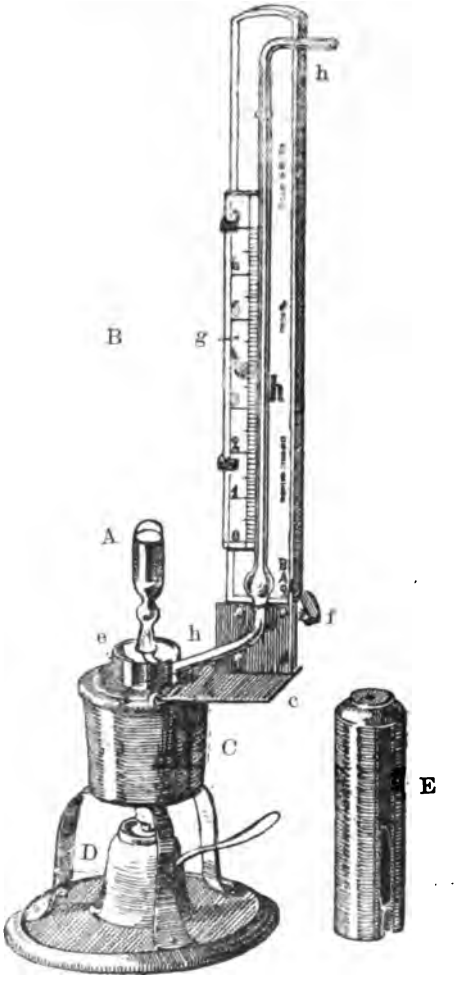


Abb. 20. Vaporimeter.

ins Sieden, wobei die entwickelten Wasserdämpfe das Fläschchen *A* umspülen. Befindet sich nun in dem Fläschchen eine alkoholische Flüssigkeit, so wird durch die Hitze des strömenden Wasserdampfes ein Verdampfen, namentlich des Alkohols, innerhalb des Fläschchens stattfinden, wodurch das Quecksilber ausgedehnt und durch den nach aufwärts gebogenen Schenkel des Skalenrohres in die Höhe getrieben

wird. Das Quecksilber steigt bis zu einem gewissen Punkte der Skala, und zwar ist die Standhöhe des Quecksilbers abhängig von dem Alkoholgehalt der zu untersuchenden Flüssigkeit.

Durchführung eines Versuches mit dem Vaporimeter.

Will man mit dem Vaporimeter arbeiten, so verfährt man folgendermassen:

Zunächst wird mit Hilfe einer Storchschnabelpipette (Abb. 21), die aus einem Ansaugerohr *c*, einer Ausbauchung *b* und einer Spitze *a* besteht, das Fläschen *A* soweit mit Quecksilber gefüllt, dass der breite untere Teil die Kuppe des Quecksilbers mit der Marke *d* zusammenfällt. Hierauf bringt man destilliertes Wasser in die obere kleinere Ausbauchung *b* des Fläschchens, welche soweit angefüllt wird, dass die Flüssigkeit noch etwas bis in den Einschliff *c* hinein zu stehen kommt.

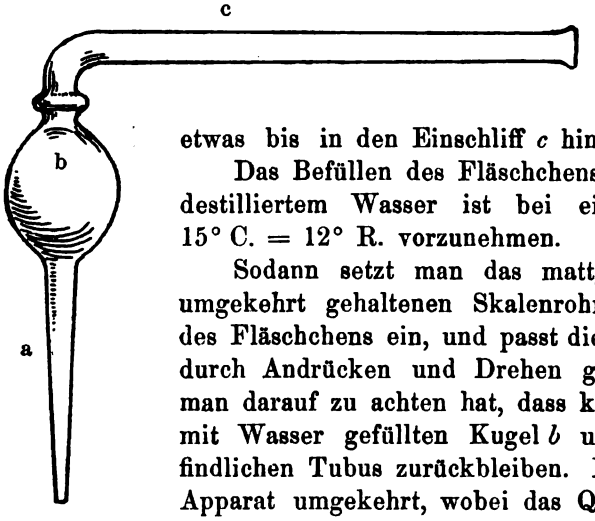


Abb. 21. Storchschnabelpipette.

Das Befüllen des Fläschchens mit Quecksilber und destilliertem Wasser ist bei einer Temperatur von 15° C. = 12° R. vorzunehmen.

Sodann setzt man das mattgeschliffene Ende des umgekehrt gehaltenen Skalenrohres *h* in die Öffnung des Fläschchens ein, und passt die Einschliffe vorsichtig durch Andrücken und Drehen gut aufeinander, wobei man darauf zu achten hat, dass keine Luftblasen in der mit Wasser gefüllten Kugel *b* und dem darüber befindlichen Tubus zurückbleiben. Hierauf wird der ganze Apparat umgekehrt, wobei das Quecksilber nach unten sinkt, während das destillierte Wasser, das sich jetzt oben befindet, in die grössere Ausbauchung *a* des Fläschchens *A* hineinsteigt.

Sollten bei diesem Umdrehen Luftbläschen in das Fläschchen hineingekommen sein, bzw. sollte sich Luft, die vordem der Beobachtung entgangen war, jetzt sichtbar werden, so ist nach nochmaligem Umkehren des Apparates die Verbindung der Einschliffe wieder zu lösen, und durch Nachfüllen von destilliertem Wasser die Luft völlig zu entfernen.

Nunmehr wird das Brett *B* mit dem Skalenrohr *g* in dem Stativ *e*, welches schon vorher auf den Kessel aufgeschoben worden war, befestigt, was mit Hilfe der Schraube *f* geschieht. Sodann wird das Glasfläschchen *A* mit der Metallhülle *E* umgeben, worauf endlich die unter dem Kessel *C* befindliche Lampe *D* angezündet wird.

Der Apparat muss an einem geschützten Ort aufgestellt werden,

damit die Flamme nicht durch den Luftzug bewegt und dadurch das Sieden des Wassers beeinflusst wird.

Ist ein Sieden des Wassers in dem Kessel *C* eingetreten, was man daran sieht, dass Dampf aus dem im oberen Teile des Zylinders *E* befindlichen Loch herausströmt, so wird man auch bald ein Steigen des Quecksilbers in dem Rohre *h* wahrnehmen. Findet das Sieden gleichmässig statt — wenn nämlich die Flamme nicht durch Luftzug bewegt wird —, so steigt auch das Quecksilber langsam, aber gleichmässig in die Höhe, füllt die unterhalb der Skala befindliche kugelförmige Ausbauchung der Röhre *h* aus und steigt noch etwas oberhalb dieser Kugel in die Höhe, um schliesslich an einem Punkte stehen zu bleiben.

Dieser Punkt muss mit dem 0-Strich der verschiebbaren Skala fixiert werden, und zwar so, dass der Strich mit dem unteren breiteren Teile der Quecksilberkuppe zusammenfällt.

Bisweilen kommt es vor, dass sich der Nullpunkt nicht so leicht fixieren lässt, wie vorstehend angegeben wurde. Nicht selten schwankt das Quecksilber hin und her; auch zeigt es manchmal, nachdem es stetig bis zu einem Punkt gestiegen ist und an diesem halt gemacht hat, das Bestreben, bei weiterem Erhitzen noch um ein Geringes höher zu steigen.

Hat man den Nullpunkt nach Möglichkeit ermittelt, so lässt man den Apparat langsam erkalten, nimmt die Hülle *E* ab, schraubt das Skalenbrett *B*, an dem das Rohr *h* befestigt ist, ab, kehrt Brett und Rohr um und lockert im Einschliff das Fläschchen *A*. Aus diesem wird sodann mit Hilfe der Storchschnabelpipette das destillierte Wasser sorgfältig entfernt, wobei aber darauf zu achten ist, dass kein Quecksilber aus dem Fläschchen verloren geht, und schliesslich der zu untersuchende Essig in die Kugel *b* eingefüllt.

Die Öffnung des Fläschchens *A* wird mit dem Daumen verschlossen und das Fläschchen mehrmals umgekehrt, damit das Quecksilber von dem anhaftenden Wasser durch den Essig befreit wird. Nachdem der zum Auswaschen des Quecksilbers benutzte Essig mit der Pipette entfernt worden ist, wird neuer — von dem zu untersuchenden — Essig in die Kugel *b* gefüllt und nach dem Verschliessen der Öffnung von neuem langsam umgeschwenkt. Diese Operation wird nun nochmals mit frischem Essig wiederholt.

Bei dem Umschwenken des Fläschchens muss darauf geachtet werden, dass nicht zu stürmisch gearbeitet wird, weil bei einem zu starken Schütteln sich das Quecksilber in einzelne Tropfen auflösen würde, die dann nur schwierig wieder zu vereinigen sind.

Sollte beim Herausnehmen der Flüssigkeit oder beim Umschwenken etwas Quecksilber verloren gegangen sein, so ist soviel neues Queck-

silber nachzufüllen, dass das Fläschchen *A* wieder bis zur Marke *d* angefüllt ist.

Ist das Quecksilber mit dem zu untersuchenden Essig gut ausgespült worden, so wird die Kugel *b* mit frischem Essig bis in den Tubus hinein angefüllt, wobei darauf zu achten ist, dass keine Luftblasen vorhanden sind und sodann das Rohr *h* mit seinem Glasschliff in den Konus *c* des Fläschchens *A* gut eingepasst. Sollten sich nach dem Umkehren des Apparates noch Luftblasen bemerkbar machen, so sind dieselben durch Nachfüllen einer geringen Menge des zu untersuchenden Essig zu entfernen.

Glasrohr *h* nebst Fläschchen *A* sind nunmehr mit dem Skalenbrett, ohne dass aber die vorher eingestellte Skala verschoben wird, auf das Gestell *e* aufzusetzen und mit diesem zu befestigen. Nachdem der Zylinder *E* übergestülpt ist, wird jetzt die Flamme angezündet.

Ist in dem Essig kein Alkohol enthalten, so soll das Quecksilber (der untere, breite Teil der Kuppe) genau bis zum 0-Punkt steigen. Dieses ist aber meist, aus den weiter vorn erwähnten und auch noch später zu erörternden Gründen, nicht der Fall; es werden sich vielmehr kleine Differenzen zeigen, die aber bei der laufenden Betriebskontrolle, wenn es sich nicht um die Feststellung oder Beseitigung einer Betriebsstörung handelt, nicht sehr in Betracht kommen.

Enthält der zu untersuchende Essig Alkohol, so zeigt der Stand des Quecksilbers annähernd den Alkoholgehalt in Volumenprozenten an.

Häufig befindet sich oberhalb des Quecksilbers eine mehr oder minder hohe Flüssigkeitsschicht (Essig). Es soll nicht unterlassen werden, noch darauf aufmerksam zu machen, dass nicht etwa der Stand dieser Flüssigkeit, sondern nur das Quecksilber das Resultat angibt. Der Verfasser dieses Buches hat wiederholt Gelegenheit gehabt zu beobachten, dass der vorstehend erwähnte Fehler gemacht wurde.

Bei Durchführung einer jeden neuen Untersuchung ist das Quecksilber nach Abkühlung des Apparates und nach Entfernung des alten Essigs mit Hilfe der Pipette mit dem neuen Essig durch Umschwenken von der vom vorhergegangenen Versuche noch anhaftenden Flüssigkeit zu befreien.

Reinigen des Quecksilbers.

Da das Quecksilber durch längeren Gebrauch unrein wird, in welchem Zustande es keine zusammenhängende Masse mehr darstellt, vielmehr nach Beschicken des Fläschchens durch Flüssigkeitsteilchen in einzelne Kugeln zerlegt ist, empfiehlt es sich, das Quecksilber von Zeit zu Zeit zu reinigen. Man verfährt zu diesem Zwecke in der Weise, dass man es mit reinem Wasser auswäscht und nach dem Auswaschen mit schwach salpetersäurehaltigem, reinem Wasser (auf 100 *ccm* 3—5 Tropfen Sal-

petersäure), am besten destilliertem, in einer Porzellanschale vorsichtig erwärmt, wobei das Quecksilber mit einem Glasstabe gut durchgerührt wird. Die Flamme, welche klein sein muss, ist beim Erhitzen nicht zu dicht an die Schale heranzubringen, da sonst ein Kochen und Stossen des Quecksilbers eintritt, was wiederum ein Zerspringen der Schale zur Folge haben könnte. Nach der Behandlung mit dem angesäuerten Wasser ist das Quecksilber mit reinem Wasser gut auszuwaschen und mit Fliesspapier zu trocknen.

Über das Einstellen des Nullpunktes.

Die dem Vaporimeter beigefügten Gebrauchsanweisungen fordern teilweise, dass das Einstellen des Nullpunktes nur einmal am Tage, und zwar bei Beginn der Untersuchung, also vielleicht morgens früh, zu erfolgen habe. Das Instrument soll für den ganzen Tag gebrauchsfertig und erst am nächsten Tage eine neue Bestimmung des Nullpunktes nötig sein.

Eine derartige Vorschrift würde voraussetzen, dass der Luftdruck und damit auch der Siedepunkt des Wassers während der ganzen Zwischenzeit gleich bleiben würde. Ein Blick auf das Barometer zeigt uns aber, dass dieses keineswegs der Fall ist. Der Luftdruck, der morgens früh oder zu einer beliebigen anderen Zeit, zu der mit den Vaporimeteruntersuchungen begonnen wird, herrscht, bleibt nicht bis zum nächsten Tage derselbe. Namentlich bei Gewittern oder bei starken Winden unterliegt der Luftdruck innerhalb kurzer Zeit häufig grossen Schwankungen. Man sollte sich daher beim Einstellen des Nullpunktes den jeweiligen Barometerstand merken, und sobald eine Untersuchung bei einem wesentlich anderen Barometerstand vorgenommen werden soll — ganz gleichgültig ob an demselben oder am nächsten Tage — von neuem den Nullpunkt einstellen.

Wie der Siedepunkt des Wassers von dem Barometerstande abhängig ist, zeigt die folgende Tabelle:

Barometerstand		Siedepunkt des destillierten Wassers nach Celsiusgraden	
730		98,88	
735		99,07	
740		99,26	
745		99,45	
750		99,63	
755		99,82	
760	normal	100,00	normal
765		100,18	
770		100,37	
775		100,55	
780		100,73	

Untersuchung von Wein und Bier mit dem Vaporimeter.

Wie bereits erwähnt wurde, sollten nur Essige von Bildnern, die keiner Betriebsstörung unterliegen, mit dem Vaporimeter auf ihren Alkoholgehalt untersucht werden. Essige, die aus Bildnern stammen, welche viel Kohlensäure entwickeln, sowie Biere und Weine, die sich in der Nachgärung befinden, dürfen nur mit dem Destillierapparat auf Alkohol geprüft werden.

Hat man aber keinen Destillierapparat, wohl aber ein Vaporimeter zur Verfügung, so muss man, wenn letzteres doch verwendet werden soll, wenigstens die Vorsichtsmassregel treffen, dass die zu untersuchenden Flüssigkeiten gut entkohlensäuert werden.

Zu diesem Zwecke wird eine geräumige Flasche bis etwa zur Hälfte mit dem zu untersuchenden Bier oder Wein angefüllt, mit einem gut schliessenden Stopfen verschlossen und ihr Inhalt tüchtig durchgeschüttelt, wobei öfter der Stopfen zu entfernen ist, um die Kohlensäure abblasen zu lassen. Hat man die Flasche mit ihrem Inhalt etwa 10 Minuten lang geschüttelt, wobei ein unnötiges, stärkeres Erwärmen der Flasche durch die warmen Hände zu vermeiden ist, so wird die nunmehr von Kohlensäure möglichst befreite Flüssigkeit durch ein Faltenfilter (siehe Abb. 13 und 14 auf S. 18) gegossen. Zur Sicherheit kann man das Bier oder den Wein nach dem Filtrieren nochmals 5–10 Minuten lang schütteln.

Endlich setzt man zu dem Bier usw., um die letzten Spuren von Kohlensäure zu binden, etwas frisch gebrannten, feinpulverigen Kalk hinzu, schüttelt einige Zeit gut durch, lässt etwa eine halbe Stunde stehen und schüttelt dann nochmals gut durch.

Auf 100 *ccm* Bier verwendet man etwa $^1/_2$ *g* Kalk. Diese Menge stellt einen Überschuss von Kalk dar und genügt, um die Spuren von Kohlensäure, die in dem geschüttelten Biere enthalten sind — frisches Trinkbier enthält 0,3—0,4 pCt. Kohlensäure — zu binden.

Nach dem Filtrieren kann dann die Flüssigkeit zur Untersuchung benutzt werden. Es sei aber auch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die erhaltenen Resultate keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit haben.

Das Ebullioskop.

Es dient ebenso wie das Vaporimeter zur Bestimmung des Alkoholgehaltes in Flüssigkeiten. Die physikalischen Grundsätze, auf welchen die Konstruktion des Ebullioskops basiert, sind aber etwas anderer Art wie diejenigen, welche bei dem Vaporimeter benutzt werden. Während bei diesem die verschiedene Dampfspannung von vergasten alkoholischen Flüssigkeiten verwertet wird, gründen sich die

mit dem Ebullioskop erhaltenen Resultate auf der Erhöhung und Erniedrigung des Siedepunktes alkoholischer Flüssigkeiten infolge des verschiedenen Alkoholgehaltes derselben.

Bekanntlich liegt der Siedepunkt des Alkohols wesentlich tiefer als derjenige des Wassers. Während nämlich destilliertes Wasser unter Voraussetzung eines Barometerstandes von 760 *mm* bei 100 ° C. siedet, liegt der Siedepunkt von reinem Alkohol bereits bei 78° C. (genau 78,3° C.). Mischt man beide Flüssigkeiten miteinander, so wird der Siedepunkt des Gemisches zwischen demjenigen des Alkohols und dem des Wassers liegen. Bei steigendem Alkoholgehalt wird er sich mehr und mehr demjenigen des reinen Weingeistes nähern und umgekehrt bei vermindertem Alkoholgehalt dem Siedepunkt des Wassers.

Würden nun die zu untersuchenden Flüssigkeiten lediglich aus Wasser und Alkohol bestehen, so müsste man auch mit dem Ebullioskop genaue Resultate erhalten können; beides ist aber nicht der Fall. Da nämlich alle alkoholischen Flüssigkeiten, welche durch Gärung aus Fruchtsäften, bzw. Fruchtauszügen gewonnen werden, abgesehen von Wasser und Alkohol, feste Stoffe in Form von Extrakt enthalten, da der Siedepunkt von Flüssigkeiten durch in diesen gelöste Stoffe beeinflusst wird und da endlich die Menge der im Wein, Bier oder Essig enthaltenen Extraktstoffe eine variable ist, so können die mit dem Ebullioskop erhaltenen Resultate schon aus rein theoretischen Gründen nicht als absolut zuverlässig bezeichnet werden.

Wir wissen, dass der Siedepunkt von Flüssigkeiten durch feste Körper, die darin gelöst sind, erhöht wird. So siedet beispielsweise eine konzentrierte Kochsalzlösung bei einer erheblich höheren Temperatur als reines Wasser.

Durch physikalische Versuche ist nun ermittelt worden, dass die Siedepunkterhöhung in einem umgekehrten Verhältniss zu dem Molekulargewicht des gelösten Stoffes steht. Je höher also das Molekulargewicht einer chemischen Verbindung ist, desto weniger wird durch eine Lösung derselben der Siedepunkt des Lösungsmittels beeinflusst werden.

Die bei Bier, Wein usw. in Betracht kommenden festen Körper (Extraktstoffe), wie Zuckerarten, Dextrine, lösliche Stickstoffverbindungen usw., besitzen aber ein verhältnismässig hohes Molekulargewicht, so dass die durch dieselbe bewirkte Siedepunkterhöhung allerdings nur gering ist.

Theoretisch müsste also bei der Untersuchung von extrakthaltigen Flüssigkeiten mit dem Ebullioskop ein etwas niedrigerer Alkoholgehalt gefunden werden, als diese Flüssigkeiten enthalten, da das Ebullioskop einen um so geringeren Alkoholgehalt anzeigt, je höher der Siedepunkt liegt. Dem ist aber nicht so. Durch Versuche Freyers ist festgestellt worden, dass der Alkoholgehalt von Flüssigkeiten um so höher gefunden wird, je mehr Extrakt die zu untersuchende Flüssigkeit enthält.

Schon Thudichum und Dupré wiesen auf den eigenartigen Einfluss von Alkohol, Wasser und Extraktstoffen auf den Siedepunkt von Flüssigkeiten hin. Sie behaupteten, dass der Siedepunkt solcher Flüssigkeiten (Wein, Bier usw.) lediglich eine Funktion des Verhältnisses von Wasser und Alkohol sei, ohne Rücksicht auf die sonst etwa vorhandenen gelösten Körper, wie z. B. Extraktstoffe.

Ein Beispiel soll das in Frage kommende physikalische Gesetz erläutern. Angenommen, man hat zwei Flüssigkeiten, von denen die eine 10 Gewichtsteile Alkohol und 90 Gewichtsteile Wasser enthält, die andere auch 10 Gewichtsteile Alkohol, aber nur 80 Gewichtsteile Wasser und 10 Gewichtsteile eines festen gelösten Körpers (Extrakt), so sind in beiden Mischungen zwar 10 pCt. Alkohol vorhanden, indessen ist aber das Verhältnis von Wasser zu Alkohol in den beiden Flüssigkeiten nicht dasselbe. Im ersteren Falle ist es 90 : 10 und im zweiten nur 80 : 10. Entsprechend dem vorstehend angeführten Gesetz liegt also im letzteren Falle der Siedepunkt des Gemisches niedriger — weil auf einen Teil Alkohol weniger Wasser kommt — als bei dem Mischungsverhältnis 90 : 10, und man findet sonach, wenn der Extraktgehalt ganz vernachlässigt wird, in dem Falle 80 pCt. Wasser : 10 pCt. Alkohol einen zu hohen Alkoholgehalt. Dieses ist auch tatsächlich der Fall.

Wie bereits erwähnt wurde, hat Freyer die Beobachtungen Thudichums und Duprés bestätigt. Er hat durch eine Anzahl von Versuchen den Einfluss der Extraktstoffe bei der Alkoholbestimmung mit dem Ebullioskop ermittelt und dabei festgestellt, dass man mit dem Ebullioskop den Alkoholgehalt einer Flüssigkeit um so höher findet, je mehr Extrakt vorhanden ist. Die Siedepunkterhöhung, welche durch die Lösung von Zucker und Dextrinen usw. veranlasst ist, wird also infolge der durch diesen Extraktgehalt bedingten Änderung des Verhältnisses von Alkohol zu Wasser nicht nur aufgehoben, sondern sogar in eine Siedepunkterniedrigung umgewandelt.

Freyer hat durch Versuche festgestellt, dass der Fehler sehr gross wird, wenn die Flüssigkeit mehr als 10 pCt. Zucker enthält. Bei einer Mischung, welche 18 Volumenprozent Alkohol und 25 Gewichtsprozent Extrakt enthielt, betrug der Fehler beinahe 2 Volumenprozent.

An diesem, allerdings etwas krass gewählten, Beispiel sind deutlich die Mängel der mit Hilfe des Ebullioskopes gefundenen Resultate ersichtlich. Die Resultate bedürfen wenigstens einer Korrektion hinsichtlich des jeweilig vorhandenen Gehaltes an gelösten Stoffen.

Freyer hat dementsprechend auch eine kleine Tabelle zusammengestellt, welche die Faktoren enthält, die von den am Ebullioskop abgelesenen Werten bei Extraktintervallen von 5 zu 5 pCt. abzuziehen sind. Die Faktoren sind für Alkoholmengen von 5 zu 5 Volumenprozent berechnet.

Aus der Tabelle geht hervor, dass beispielsweise bei einem Alkoholgehalt von 15 Volumenprozent und bei Gegenwart von 20 *g* Zucker pro 100 *ccm* Gemisch die Differenz schon 1,3 Volumenprozent Alkohol beträgt.

Ebullioskop nach Malligand.

Bei dem Malligandschen Ebullioskop wird das Resultat an einem Thermometer mit horizontaler Skala abgelesen. Das Thermometerrohr ist aber vor Beginn der Skala rechtwinklig nach unten gebogen und mit einer verhältnismässig grossen Kugel versehen, um die Temperatur der siedenden Flüssigkeit möglichst gut zur Einwirkung auf das Quecksilber bringen zu können. Die Skala des Thermometers ist derartig eingeteilt, dass der Stand des Quecksilbers für Wasserdampf von 100° C. — also bei einem Barometerstande von 760 *mm* — mit Null bezeichnet ist, wogegen der bei dem Sieden von reinem Alkohol ermittelte Stand des Thermometers die Bezeichnung 100 trägt. Die dazwischen liegenden Teilstriche der Skala geben die Alkoholprozente von Wasseralkoholmischungen an.

Nach Freyers Angaben soll das

Ebullioskop nach Amagat,

das etwas anders konstruiert ist als das Malligandsche, bessere Resultate geben, als dieses.

Da Essige ausser Extrakt, Wasser und Alkohol, auf dessen Gehalt ja mit dem Ebullioskop geprüft werden soll, auch noch Essigsäure enthalten, und da der Siedepunkt dieser Säure bei 118° C. liegt, also noch wesentlich höher als derjenige des Wassers ist, so muss ein Säuregehalt der zu untersuchenden Flüssigkeit die Genauigkeit des Resultates noch weiter beeinträchtigen.

Die Essigspindel.

Mit Hilfe der Säurespindel (Essigwage) kann man gleichfalls den Alkoholgehalt in Essigspriten ermitteln. Allerdings sind auch die mit diesem Instrument erhaltenen Resultate nicht als völlig genau zu bezeichnen. Die Essigspindel darf vielmehr lediglich bei der Betriebskontrolle angewendet werden, wenn es sich darum handelt, von einer Anzahl von Bildnern diejenigen herauszufinden, die den Alkohol der Maischen nicht genügend verarbeiten.

Vergleicht man nämlich den Essig der untereinander übereinstimmenden Bildner einer Schnellessigfabrik, welche also genau dieselbe Maische oder dasselbe Quantum Ablaufessig + Denaturat erhalten, also die A-Bildner oder die B-Bildner untereinander mit der Essigwage, so wird man oft finden, dass die mit diesem Instrument erhaltenen Resul-

tate nicht übereinstimmen. Einige Bildner derselben Gruppe werden einen scheinbar höheren Gehalt, andere einen geringeren an Essigsäure zeigen, oder richtiger gesagt, die Wage wird in einige Essige tiefer einsinken als in andere. Diese Unterschiede können einmal ihren Grund in einem verschiedenen Säuregehalt der einzelnen Essigproben haben, anderseitig können sie aber durch eine Differenz in dem Gehalt der betreffenden Essige an Alkohol erklärt werden. Der letztere Fall wird namentlich dann vorliegen, wenn die Differenzen erheblich bzw. sehr gross sind. Andere Einflüsse wie der Säure- und Alkoholgehalt der Essige kommen ja nicht in Frage, wenn es sich nicht um die Bestimmung des genauen Essigsäuregehaltes von beliebigen Essigen handelt, sondern nur um die Ermittelung der Grenzen, innerhalb welcher die Essige der übereinstimmenden Bildner einer Fabrik untereinander differieren.

Findet man nun mit Hilfe der Essigwage, dass einer oder mehrere Apparate einen erheblich leichteren Essig liefern als die übrigen; einen Essig also, bei dem die Senkwage tiefer einsinkt, als bei anderen Proben, so kann man einen ziemlich sicheren Schluss auf den Alkoholgehalt dieses Bildners ziehen.

Die Essigwage gibt also bei grösseren Schwankungen der Resultate übereinstimmender Bildner an, welche Apparate den Alkohol ungenügend verarbeiten, d. h. also, welche Bildner gestört sind.

Wir besitzen demnach in der Senkwage ein treffliches Instrument zur Kontrolle unseres Betriebes; denn beständig sämtliche Bildner mit dem Destillierapparat zu untersuchen, ist in den meisten Fällen nicht möglich. Sind wir durch die Senkwage einmal auf Störungen einzelner Apparate aufmerksam gemacht worden, so empfiehlt es sich allerdings, den Essig der betreffenden Bildner mit Hilfe des Destillierapparates nochmals auf Alkohol zu untersuchen, da die mit der Senkwage erhaltenen Resultate kein absolut genaues Bild von der Menge des vorhandenen Alkohols geben. Die Hand in Hand mit der Vermehrung des Alkoholgehaltes eintretende scheinbare Verminderung der Säureprozente ist nämlich nicht immer gleichmässig.

Die Untersuchungen der aus den verschiedenen Bildnern stammenden Essigproben müssen bei ein und derselben Temperatur vorgenommen werden, da Temperaturschwankungen das Resultat beeinflussen würden. Ein genaues Einstellen der Essige auf die Normaltemperatur der Spindel (17,5° C. = 14° R.) ist nicht nötig, wenn man nur vergleichende Resultate erhalten will; doch darf die Temperatur der Essige nicht zu sehr (3—4°) von der Normaltemperatur abweichen. Will man exakt arbeiten, so empfiehlt es sich allerdings, die Essige auf 17,5° C. = 14° R. einzustellen.

Die Essigspindel sinkt in eine Flüssigkeit um so tiefer ein, je mehr

Alkohol dieselbe enthält; sie wird um so weiter herausgedrängt, je höher der Gehalt der Flüssigkeit an Essigsäure ist. Ebenso wie die Essigsäure wirkt aber auch der Extraktgehalt auf die Essigspindel.

Man muss daher in jedem einzelnen Falle, d. h. in jedem Betriebe, feststellen, um wieviel der jeweilige Extraktgehalt das mit der Spindel erhaltene Resultat beeinflusst. Dieser Wert bleibt derselbe, solange man nicht die Zusammensetzung der Maischen in bezug auf Nährstoffgabe ändert.

Bedingung ist auch, dass die Essige klar sind; anderenfalls müssen sie filtriert werden. Näheres siehe S. 18.

Ist die Extraktdifferenz (vergl. S. 21 u. 22) zwischen dem Nullpunkt der Spindel und dem Essig der betreffenden Fabrik, in der die Senkwage zur Ermittelung des Alkoholgehaltes der einzelnen Bildner benutzt werden soll, festgestellt, wozu ein alkoholfreier Essig benutzt werden muss, so hat man nur noch nötig, durch Titration — die ja so wie so ausgeführt werden muss — den Säuregehalt der verschiedenen Apparate zu ermitteln. Aus den erhaltenen Daten lässt sich annähernd dann der Alkoholgehalt berechnen.

Zunächst muss aber durch Untersuchung mit dem Destillierapparat ein alkoholfreier Essig ermittelt und in diesem die Extraktdifferenz bestimmt werden.

Die Säurespindel nach Rothenbach ist so konstruiert, dass bei niedrigem Alkoholgehalt der Essige 1 pCt. Essig etwa 1 pCt. Alkohol entspricht. 1 pCt. Essigsäure, welches die Spindel anzeigen würde, wird also durch etwa 1 pCt. Alkohol bei der Spindelung aufgehoben oder 1,5 pCt. Säure durch 1,5 pCt. Alkohol usw.

Beispiele.

Bei dem Gebrauch der Spindel sind drei Fälle zu unterscheiden:

1. Die Spindel zeigt in alkoholfreien Essigen mehr Säure an, als durch Titration gefunden wird.
2. Die Spindel zeigt in alkoholfreien Essigen weniger Säure an, als durch Titrieren ermittelt wird.
3. Die durch Spindelung und Titration ermittelten Resultate stimmen bei der Prüfung alkoholfreier Essige überein.

Einige Beispiele sollen das Arbeiten mit der Spindel erläutern.

Fall 1. Angenommen, in dem alkoholfreien Essig werde mit der Senkwage ein Säuregehalt von 11,6 pCt. und mit dem Titrierapparat ein solcher von 10,3 pCt. gefunden, dann beträgt die Extraktdifferenz:

$$\begin{array}{r} 11{,}6 \text{ pCt.} \\ -\ 10{,}3 \quad \text{„} \\ \hline = +\ 1{,}3 \text{ pCt.} \end{array}$$

In einem anderen Essig ergebe die Titration einen Säuregehalt von 8,6 pCt. und die Spindelung einen solchen von 7,5 pCt., dann enthält dieser Essig nicht

8,6 pCt.
— 7,5 „
= 1,1 pCt. Alkohol,

sondern 1,1 + 1,3 = 2,4 pCt. Alkohol.

Man gelangt auch zu dem Resultat, indem man die Extraktdifferenz zu der mit dem Titrierapparat im zweiten Essig gefundenen Zahl hinzuzählt und von dem erhaltenen Werte die mit der Spindel gefundenen Prozente abzieht.

Also 1,3 pCt. Extraktdifferenz
8,6 „ durch Titration gefunden
9,9

9,9 — 7,5 = 2,4.

Sollte sich der Fall ereignen, dass ein Essig bei der Titration einen ebenso grossen Säuregehalt zeigt, als bei der Prüfung mit dem Aräometer, so enthält der Essig ebensoviel Alkohol wie die Extraktdifferenz beträgt.

Unter Zugrundelegung der vorstehenden Zahlen würde das Resultat folgendermassen zu ermitteln sein:

1,3 pCt. Extraktdifferenz
8,6 „ durch Titration gefunden
9,9

9,9 — 8,6 (Prozente mit der Spindel gefunden) = 1,3
1,3 ist aber auch die Extraktdifferenz.

Fall 2. Angenommen, in einem alkoholfreien Essig werde mit dem Aräometer ein Säuregehalt von 12,8 und durch Titration ein solcher von 13,4 pCt. gefunden; dann beträgt die Extraktdifferenz:

13,4 pCt.
12,8
— 0,6 pCt.

In einem anderen Essig ergebe die Titration einen Säuregehalt von 12,7 pCt. und die Spindelung einen solchen von 11,8 pCt.; dann enthält dieser Essig nicht

12,7 pCt.
— 11,8 „
= 0,9 pCt. Alkohol,

sondern 0,9 — 0,6 = 0,3 pCt. Alkohol.

Zu dem Resultat gelangt man auch, wenn man die Extraktdifferenz zu den mit der Spindel erhaltenen Prozenten hinzuzählt und das Produkt von dem mit dem Titrierapparate ermittelten Werte abzieht.

Also 0,6 pCt. Extraktdifferenz
+ 11,8 „ mit der Spindel im zweiten Essig gefunden
12,4 pCt.

12,7 — 12,4 = 0,3 pCt.

Fall 3. Angenommen, in einem alkoholfreien Essig werde mit dem Aräometer und dem Titrierapparate dasselbe Resultat gefunden. Die Extraktdifferenz ist in diesem Falle gleich Null. Hieraus ergibt sich, dass die Abweichung des Spindelungsresultates von dem Titrationsresultate bei Untersuchungen alkoholhaltiger Essige direkt den Alkoholgehalt derselben anzeigt.

Die Essigspindel ist also ein wertvolles Hilfsinstrument bei der Betriebskontrolle, wenn es sich darum handelt, die Unterschiede der einzelnen Bildner im Alkoholgehalt zu ermitteln.

Es soll aber nochmals darauf hingewiesen werden, dass die mit der Säurespindel erhaltenen Resultate keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen sollen; es kann vielmehr auf diesem Wege nur annähernd der Alkoholgehalt in Essigen ermittelt werden.

Wenn nun trotzdem in den angeführten Beispielen bestimmte Zahlen, sogar mit Bruchteilen von Prozenten, genannt sind, so ist dieses nur wegen der rechnerischen Durchführung der Beispiele geschehen.

Auf jeden Fall gestattet aber die neue Spindel, annähernd die Alkoholzunahme bei Betriebsstörungen im Ablauf der Bildner festzustellen, und hierin liegt der Wert dieses Instrumentes, denn zweifellos lässt sich eine Spindelung wesentlich schneller und bequemer durchführen als eine Untersuchung mit dem Vaporimeter oder als eine Destillation, bei der übrigens auch gespindelt werden muss. —

Die Filtration der Essige — falls diese getrübt sind — wird zweckmässig in der Weise vorgenommen, dass das Filtrat gleich in den Spindelzylindern (Abb. 13) aufgefangen wird. Die Spindelzylinder werden gemeinschaftlich in einer grossen Schüssel bzw. Wanne mit Wasser gekühlt oder im Winter erwärmt. Die Temperatur des Kühlwassers wählt man, wenn bei Normaltemperatur untersucht werden soll, um einige (1—2) Grade kälter als 17,5° C. = 14° R. und die des Wärmewassers (im Winter) um einige Grade wärmer, falls die Spindelungen an einem kalten Orte vorgenommen werden.

Wenn die Essigstube, die ja immer eine mässige Temperatur von etwa 14° R. haben soll, nicht zu heiss ist, empfiehlt es sich auch, die Zylinder mit dem zu untersuchenden Essig in der Fabrik selbst ohne Benutzung von Wasser zu temperieren.

Der Destillierapparat.

Eine absolut zuverlässige Methode zur Bestimmung des Alkohols in extrakthaltigen Flüssigkeiten, wie Wein, Bier, Essig und dergleichen, ist die Destillation. Nur mit dem Destillierapparate können völlig einwandfreie Resulate erhalten werden.

Unter einer Destillation versteht man die Vergasung und Wieder-

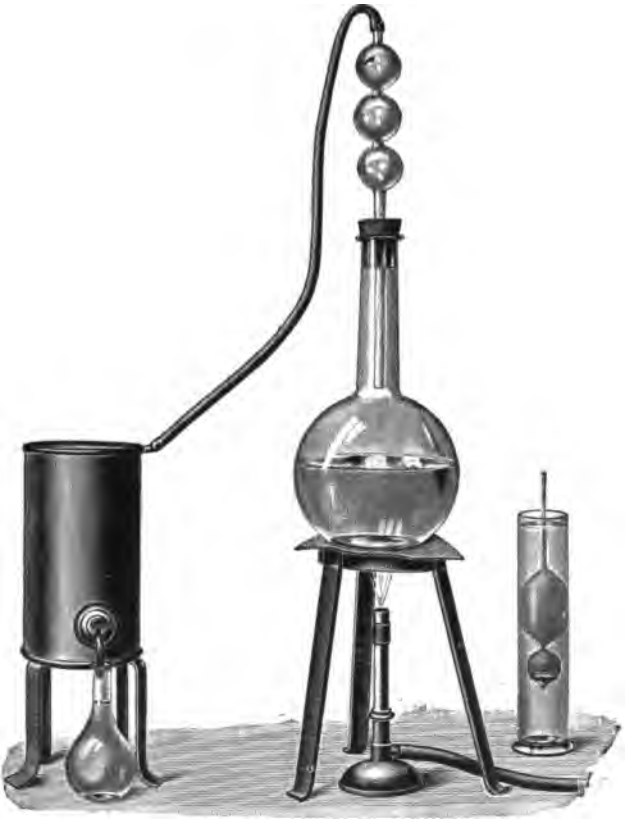


Abb. 22. Destillierapparat.

verdichtung einer Flüssigkeit. Auf diesem Wege gelingt es, flüssige Stoffe von festen Körpern zu trennen.

Bei der Bestimmung des Alkohols durch Destillation wird bezweckt, ein Destillat zu erhalten, welches neben Alkohol nur Wasser enthält. In einem derartigen Gemische kann man dann mit Hilfe der Alkoholometer oder Senkwagen den Gehalt an Alkohol ermitteln.

Wird eine alkoholische Flüssigkeit erhitzt, so verflüchtigen sich alle vergasbaren Stoffe, nur die festen Bestandteile bleiben zurück. Diese würden ja auch, wenn sie ganz oder teilweise mit in das Destillat

übergingen, das spezifische Gewicht desselben verändern und eine Prüfung mit den Senkwagen auf Alkohol unmöglich machen.

Abgesehen von den festen Stoffen (Extrakt) enthalten die Essige aber auch noch Essigsäure. Da auch diese flüchtig ist, würde sie beim Destillieren mit übergehen. Man muss sie daher in eine Form überführen, in der sie nicht mehr flüchtig ist. Eine solche nichtflüchtige Verbindung der Essigsäure ist das Natronsalz. Man setzt daher, bevor man den Alkohol aus einem Essig abdestilliert, Natronlauge zu demselben hinzu. Wie dieses geschieht, werden wir später sehen.

Der einfache Destillierapparat

besteht aus einem Glas- oder Kupferkolben von etwa einem Liter Inhalt. Der Hals dieses Kolbens ist durch einen Gummistopfen verschlossen, durch den das Rohr eines Kugelaufsatzes hindurchgeht. Das andere Ende des Kugelaufsatzes ist mit Hilfe eines Gummischlauches mit der Schlange eines Kühlers verbunden. Unter der Öffnung der Kühlschlange befindet sich ein Masskolben. Der Destillationskolben steht auf einem mit einem Drahtnetz bedeckten Dreifuss, und unter diesem befindet sich ein Gas- oder Spiritusbrenner. Ausserdem gehört zu dem Destillierapparat noch ein Spindelzylinder, mehrere Lutterprober (siehe S. 30), ein Thermometer, Pipetten und Messkolben verschiedenen Inhaltes.

Wird mit einem Kupferkolben gearbeitet, so entfällt das Drahtnetz, da der Kupferkolben in den Dreifuss hineingehängt wird.

Durchführung eines Versuches mit dem Destillierapparat.

Um mit dem Destillierapparat zu arbeiten, wird zunächst der reine, trockene Masskolben von 100 *ccm* Inhalt mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, die Zimmertemperatur (etwa 17,5° C. = 14° R.) haben soll, bis zur Marke gefüllt, und zwar muss der untere Meniskus der Flüssigkeit mit dem Strich übereinstimmen, wenn man die Marke in Augenhöhe hält.

Enthält der Masskolben von der vorigen Destillation noch Flüssigkeitstropfen, so muss der Kolben zweimal mit der zu untersuchenden Flüssigkeit ausgespült werden.

Ist das 100 *ccm*-Kölbchen bis zur Marke angefüllt, so wird der Inhalt desselben in den Destillationskolben entleert, ohne dass etwas Flüssigkeit hierbei verloren geht und der kleine Masskolben sodann mit etwas reinem Wasser gut ausgespült. Das Spülwasser wird gleichfalls quantitativ in den Destillationskolben hineingegeben.

Bei der Untersuchung von Essigspriten genügt eine Menge von 100 *ccm* Spülwasser, während bei Wein, Bier und Weinessig mit 150

bis 200 *ccm* nachzuspülen ist, weil sonst die Destillationsflüssigkeit zu konzentriert wird und leicht ein Schäumen eintritt. Um dieses zu verhindern, kann man übrigens etwas Bindfaden oder noch besser ein Stückchen Bimstein in den Kochkolben hineintun.

Ist das Destillationsgefäss mit der zu untersuchenden Flüssigkeit und dem Spülwasser beschickt, so wird die Flüssigkeit neutralisiert. Auch bei Wein und Bier, die bei der Essigfabrikation Verwendung finden, — sie enthalten in normalem Zustande keine flüchtige Säure oder nur Spuren davon — ist eine Neutralisation nötig, weil man ja meist nicht normale Weine bzw. Biere zur Verfügung hat.

Die Neutralisation wird mit gewöhnlicher konzentrierter Kali- oder Natronlauge vorgenommen; nicht etwa mit Normal- oder Doppelnormallauge, da diese zu wenig konzentriert und vor allen Dingen zu teuer sind.

Vor dem Zusatz von Lauge, der absatzweise in nicht zu grossen Quantitäten unter gutem Umschwenken zu erfolgen hat, wird in den Kolben, wenn es sich um einen solchen aus Glas handelt, ein Stückchen neutrales Lackmuspapier hineingetan. Nunmehr wird erst die Lauge zugegeben, und zwar vorsichtig unter Umschwenken, so lange bis das Lackmuspapier deutlich blaugefärbt ist.

Bisweilen tritt eine Veränderung des Lackmuspapiers in der Weise ein, dass es nicht mehr gegen Säuren und Alkalien reagiert.

Giesst man nämlich zu dem Essig konzentrierte Lauge, ohne während des Eingiessens umzuschwenken, hinzu, so schichtet sich die Lauge infolge ihres höheren spezifischen Gewichtes unter den Essig. Hat man nun zuvor einen Streifen Lackmuspapier in den zu neutralisierenden Essig hineingetan, und war dieser auf den Boden des Kolbens gesunken, so wird er bei Zugabe der Lauge von dieser umhüllt. Die Lauge greift nun den Farbstoff des Lackmuspapieres derartig an, dass sie das Blau des Papieres fixiert und gegen Säure unempfindlich macht. Gleichzeitig findet aber auch ein Ausbleichen des Farbstoffes statt; das Lackmuspapier wird also erheblich blasser.

Hat nun in solchem Falle der Zusatz der Lauge nicht zur Neutralisierung des Essigs genügt, so wird trotzdem nach dem Umschwenken und dem hierbei eintretenden Vermischen des Essigs mit der Lauge das Lackmuspapier nicht mehr rot gefärbt; was ja der Fall sein müsste, da die Essigsäure noch nicht völlig gebunden ist.

Man kann also, wenn so vorgegangen wäre, wie beschrieben wurde, die Flüssigkeit für neutral halten, was aber nicht der Fall ist und bekommt nachher beim Abtreiben des Alkohols ein säurehaltiges Destillat, wodurch man, da die Säure das spezifische Gewicht des Wassers erhöht und der Alkohol dieses vermindert, ein falsches Resultat erhalten würde.

Aus diesem Grunde tut man gut, den Kolben bei dem Zugiessen

der Lauge beständig umzuschwenken, damit die Lauge sich nicht unter dem Essig ansammelt, wodurch bereits hineingeworfenes Lackmuspapier gegen Säure und Lauge unempfindlich gemacht werden würde.

Man geht auch sicher, wenn man ein zweites Stückchen Lackmuspapier nach dem Zusatz und Vermischen der Lauge in den Kolben hineingibt.

Dieses sollte immer dann geschehen, wenn von neuem Lauge hinzugesetzt worden war; indessen liegt die grösste Gefahr bei dem Zusatz der Hauptmenge der Lauge vor.

Besonders leicht wird bei altem, längere Zeit aufbewahrten Lackmuspapier der Farbstoff durch die Einwirkung von konzentrierter Lauge indifferent gemacht, während bei frisch bereitetem Lackmuspapier dieses nicht so schnell erfolgt. —

Wird die Destillation mit einem kupfernen Kolben durchgeführt, so muss man von Zeit zu Zeit nach dem Zusatz der Lauge und gutem Umschwenken eine Probe der Flüssigkeit mit einem Glasstabe herausnehmen und auf Lackmuspapier prüfen, ob dasselbe noch gerötet oder schon blaugefärbt wird.

Ist die Säure neutralisiert, so wird der Kochkolben mit dem Gummistopfen verschlossen und der Kugelaufsatz mit dem mit kaltem Wasser angefüllten Kühler durch den Gummischlauch verbunden.

Vor dem Anzünden der Flamme setzt man noch den Masskolben unter den Ausfluss der Kühlschlange. Jetzt erst kann die Destillation beginnen.

Bei dem Anheizen hat man nun bei der Untersuchung von extraktreichen Flüssigkeiten, wie Wein, Bier, Weinessig usw., darauf zu achten, dass bei einem etwaigen Schäumen nicht der Kolbeninhalt teilweise in den Kugelaufsatz hineinsteigt oder sogar über diesen hinaus in den Kühler und die Vorlage fliesst. In diesem Falle muss der Versuch unterbrochen und die ganze Apparatur gereinigt werden.

Beobachtet man das Auftreten von Schaum, obwohl man bei extraktreichen Flüssigkeiten ein Stück Bimstein oder dergleichen in das Destillationsgefäss getan hat, so muss das Anheizen ganz vorsichtig unter Verwendung einer kleinen Flamme vorgenommen werden. Befindet sich die Flüssigkeit erst einmal ordentlich im Sieden, ohne dass sie in den Kugelaufsatz gestiegen ist, so kann mit grösserer Flamme weiter gearbeitet werden.

Mit dem Übertreten der Destillationsflüssigkeit, die stets mehr oder minder stark gefärbt ist, in den Kugelaufsatz, darf aber nicht die Ansammlung von farblos, klar aussehendem Kondenswasser in den beiden unteren Kugeln des Aufsatzes verwechselt werden. Eine Ansammlung dieses Wassers schadet nichts; man kann ein Znrückfliessen desselben in den Destillationskolben dadurch bewirken, dass man die Flamme verkleinert oder auf ganz kurze Zeit gänzlich entfernt.

Die Destillation kann nun soweit getrieben werden, dass der Vorlagekolben bis zur Marke (unterer Meniskus) mit Kondensat angefüllt ist, oder man braucht bei schwach alkoholischen Flüssigkeiten (bis etwa 4 pCt. Alkohol) nur bis zwei Drittel und bei stärker alkoholischen (bis etwa 6 pCt. Alkohol) bis drei Viertel des Inhaltes des vorgelegten Kolbens überzudestillieren. In diesen Fällen ist aber die Flüssigkeit im Kolben mit destilliertem Wasser bis zur Marke aufzufüllen.

Bei Flüssigkeiten, die viel Alkohol enthalten, wie Schnellessigmaischen von etwa 6—10 pCt. Alkohol und Weine, wird die Destillation zu Ende geführt, d. h. also bis das Destillat die Marke erreicht hat.

Der Vorlagekolben wird darauf von der Schlange fortgenommen, mit dem Daumen gut verschlossen und der Inhalt gut durchgeschüttelt, wobei darauf zu achten ist, dass namentlich bei Beginn des Umschwenkens keine Flüssigkeit verloren geht.

Sodann giesst man das Destillat in den Spindelzylinder, kühlt diesen nebst Inhalt auf 15,5° C. bzw. 12,4° R. ab, oder besser 1 bis $1^1/_2$° darunter, wenn die Untersuchung in einem Raum vorgenommen wird, dessen Temperatur höher als 15,5° C. ist, senkt den Lutterprober ein und liest das Resultat genau bei der Normaltemperatur, die für Lutterprober nach Tralles 15,5° C. = 12,4° R. beträgt, ab. Näheres über die Durchführung der Spindelung siehe S. 20 und 26—31.

Nach dem Eingiessen des Destillates in den Spindelzylinder ist der 100 *ccm*-Kolben nicht etwa mit Wasser nachzuspülen.

Der Zylinder muss vor dem Eingiessen des Destillates möglichst trocken sein.

Da das Einstellen des Destillates auf 15,5° C. = 12,4° R. eine gewisse Zeit beansprucht, empfiehlt es sich, die Spindelung bei einer beliebigen Temperatur vorzunehmen und das Resultat mit Hilfe der folgenden, von Frings jr. berechneten Korrektionstabelle richtig zu stellen. (Siehe Tabellen S. 57 ffg.)

Konzentration beim Destillieren.

Da es vorkommen kann, dass man einen Lutterprober zerbrochen hat, der gerade den Alkoholgehalt der zu untersuchenden Flüssigkeit bzw. des Destillates derselben anzeigen würde, so kann man sich in der Weise helfen, dass man das Destillat konzentriert, mit einem Lutterprober für höhere Alkoholprozente prüft und das erhaltene Resultat durch den Konzentrationsfaktor dividiert.

Es sei beispielsweise der Lutterprober von 0—3 entzwei gegangen; man will aber doch mit dem Destillierapparat einen Ablaufessig, der einige Zehntel Prozent Alkohol zeigt, prüfen.

Alkoholreduktionstafel nach Frings.

Temperatur + °R.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	Aräometeranzeige
5	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	Wahre Alkoholstärke bei 15° C = 12° R.
6	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	
7	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	
8	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,4	
9	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	„	„	„	„	„	„	„	„	„	2,3	
10	0,2	„	„	„	„	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	
11	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2.0	2,1	
12	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
13	„	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	
14	„	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	
15	„	„	„	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	
16	„	„	„	„	„	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	
17	„	„	„	„	„	„	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	
18	„	„	„	„	„	„	„	„	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	
19	„	„	„	„	„	„	„	„	„	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	
20	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
21	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	
22	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	
23	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	0,0	0,0	0,1	0,2	
24	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	0,0	0,0	
25	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	

Temperatur + °R.	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	Aräometeranzeige
5	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,2	4,3	4,4	4,5	
6	2,4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3,4	"	"	"	"	"	4,0	4,2	4,3	4,4	4,5	
7	2,4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3,4	"	"	"	"	"	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	
8	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	"	"	"	"	4,4	
9	2,3	"	"	"	"	"	"	"	"	"	3,3	"	"	"	"	"	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	
10	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	
11	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	
12	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	
13	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	
14	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	
15	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	
16	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	
17	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	
18	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	
19	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	
20	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	
21	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2.2	2,3	2,4	2,5	
22	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1.1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	
23	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	
24	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	

Wahre Alkoholstärke bei 15° C = 12° R.

Temperatur + °R.	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	Aräometeranzeige
5	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	Wahre Alkoholstärke bei 15° C = 12° R.
6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
7	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	
8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	
9	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	
10	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	
11	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	
12	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	
13	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	
14	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	
15	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	
16	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	
17	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	
18	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	
19	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	
20	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	
21	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	
22	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	
23	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	
24	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	
25	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4	

Temperatur + °R.	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	Aräometer-anzeige
5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	
6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
7	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	
8	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	
9	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	
10	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	
11	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	
12	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	
13	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	
14	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	
15	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	
16	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	
17	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	
18	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	
19	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	
20	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	
21	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	
22	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	6,0	
23	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	
24	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2	5,3	5,4	
25	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,8	3,9	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	

Wahre Alkoholstärke bei 15° C = 12° R.

Temperatur + °R.	Wahre Alkoholstärke bei 15° C = 12° R.																					Aräometeranzeige
	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	
5	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	
6	„	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	
7	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	
8	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	
9	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	
10	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	
11	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	
12	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	
13	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	
14	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	
15	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	
16	7,8	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	
17	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	
18	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	
19	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,2	8,3	8,4	8,5	
20	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	
21	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	
22	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	7,5	7,6	7,7	
23	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	7,3	7,4	7,5	
24	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,5	6,6	6,7	6,8	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	
25	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6	6,7	6,7	6,8	6,9	

Temperatur +°R.	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	Aräometeranzeige
5	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,7	12,8	12,9	13,0	13,1	
6	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,6	12,7	12,8	12,9	13,0	
7	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	
8	10,5	10,6	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6	12,7	
9	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,4	12,5	12,6	
10	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,3	12,4	
11	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	
12	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	
13	9,8	9,9	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	
14	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	
15	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	
16	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	
17	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	
18	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	
19	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	9,9	10,0	10,1	10,2	10,3	
20	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	
21	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,4	9,5	9,6	9,7	9,8	
22	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	
23	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,0	9,1	9,2	
24	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,7	7,8	7,9	8,0	8,1	8,2	8,3	8,3	8,4	8,5	8,6	8,7	8,7	8,8	8,9	
25	6,9	7,0	7,1	7,2	7,3	7,4	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,0	8,1	8,2	8,3	8,4	8,4	8,5	8,6	

Wahre Alkoholstärke bei 15° C = 12° R.

Hat man nun einen Lutterprober von 3–6 pCt. zur Verfügung, so destilliert man 200 *ccm* Essig in einen Kolben von nur 100 *ccm* über, stellt mit dem Alkoholometer das Resultat fest und dividiert dieses durch 2.

Besitzt man hingegen nur eine Spindel von 6—9 pCt., so misst man sich 300 *ccm* Essig ab, destilliert auf 100 *ccm* ab und dividiert das erhaltene Resultat durch 3.

Das Abmessen von 200 bzw. 300 *ccm* oder mehr, je nach Bedarf, kann in der Weise ausgeführt werden, dass man den 100 *ccm*-Kolben zwei-, dreimal oder öfter füllt oder dass man sich besser eines 200 bzw. 300 *ccm* usw. Kolbens bedient. Die folgende Abbildung 23 zeigt uns eine grössere Anzahl solcher Masskolben.

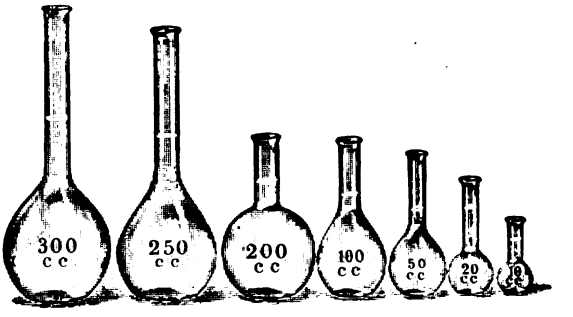


Abb. 23. Verschiedene Messkolben.

Verdünnung vor der Destillation.

Aus irgend einem Grunde kann es aber auch nötig sein, dass man eine Flüssigkeit, deren Alkoholgehalt bestimmt werden soll, verdünnen muss; sei es nun, dass der Lutterprober für die höheren Alkoholgehalte zerbrochen ist oder dass der Alkoholgehalt der Flüssigkeit überhaupt ein zu hoher ist, was z. B. für das Denaturat zutrifft.

Man muss in diesem Falle ein kleines Quantum auf ein grösseres auffüllen und bedient sich hierzu gleichfalls der Masskolben oder der Pipetten (siehe S. 7).

Bei der Untersuchung von Denaturat geht man z. B. in der Weise vor, dass man sich in einem 10 *ccm*-Kolben das Denaturat abmisst, in den 100 *ccm*-Kolben hineingiesst, den 10 *ccm*-Kolben mehrmals mit reinem Wasser ausspült, das Spülwasser gleichfalls in den 100 *ccm*-Kolben hineingibt, diesen mit Wasser bis zur Marke auffüllt und gut umschwenkt, ohne dass Verluste entstehen. Das nach der Destillation erhaltene Resultat ist dann mit 10 zu multiplizieren. Dasselbe würde der Fall sein, wenn man 100 *ccm* Denaturat auf 1 *l* = 1000 *ccm* auffüllt. Im letzteren Falle ist natürlich nicht die gesamte Menge, sondern nur

100 *ccm* der vorher gut durchgemischten Flüssigkeit der Destillation zu unterwerfen.

Bedient man sich zum Auffüllen anstatt der Masskolben der Pipetten, so sind diese nicht auszuspülen, sondern nur austropfen zu lassen.

Es sei noch bemerkt, dass man Flüssigkeiten, die mehr als 15 pCt. Alkohol enthalten, nicht direkt, sondern nur nach entsprechender Verdünnung destilliert, weil sonst Verluste an Alkohol eintreten können. Aber auch schon bei Flüssigkeiten von 10—15 pCt. Alkoholgehalt liegt diese Gefahr vor, wenn man nicht für genügend stark gekühltes Wasser in dem Kühler sorgt.

Vor jeder Destillation ist das alte Kühlwasser zu entfernen und durch frisches zu ersetzen.

Der Destillierapparat nach Frings.

Von Frings jr., Aachen, wurde ein neuer Destillierapparat konstruiert, der es gestattet, mehrere Alkoholbestimmungen hintereinander auszuführen, ohne dass der Apparat auseinander genommen werden braucht. Nach dem Übertreiben des Alkohols aus der zu untersuchenden Flüssigkeit wird nämlich ein Heber in Tätigkeit gesetzt, der den Kochrückstand aus dem Kolben hinausbefördert, worauf der Kolben dann wieder ohne weiteres von neuem befüllt werden kann.

Man hat nur dafür zu sorgen, dass das Kühlwasser, in dem die Kondensationsschlange liegt, nicht zu heiss wird und dass die zu untersuchende Flüssigkeit, falls sie eine flüchtige Säure (Essigsäure) enthält, vor dem Befüllen des Kochkolbens neutralisiert worden ist.

Der Apparat, der durch die beigefügten Abbildungen 24 und 25 illustriert wird, besteht aus folgenden Teilen:

Der Hals des kupfernen Kochkolbens 1 ist mit einem guten, doppelt durchbohrten Gummistopfen 2 verschlossen. Durch diesen Stopfen gehen zwei Rohre, 3 und 10, hindurch, von denen das erstere ziemlich weit ist.

Das Rohr 3 besitzt an seinem oberen Ende einen seitlichen Ansatz, der zu einer Schlange 4 ausgebildet ist, die eine lichte Weite von 15 *mm* haben muss. An der Schlange ist ein kleineres Rohr mit einem Gummischlauch 5 befestigt, welcher zum Kühler führt.

Dieser Schlauch kann auch direkt über die Schlange hinübergezogen werden, welche dann an der Verbindungsstelle zweckmässig eine Einbauchung erhält.

Innerhalb des weiten Rohres 3 befindet sich ein anderes Rohr, das Trichterrohr 7, welches bis zum Boden des Kolbens reicht und unten die Umbiegung 9 zeigt.

Mit Hilfe der Gummidichtung 6 ist das Trichterrohr 7, welches in den Kugeltrichter 8 ausläuft, mit dem Rohre 3 verbunden.

Das heberartig gebogene Rohr 10 ist, ebenso wie das Trichterrohr 7, mit einer Umbiegung 11 versehen.

Die in die Flüssigkeit hineinragenden Rohre 7 und 10 müssen aus gutem Jenaer Glas hergestellt sein, damit sie starke Temperaturdifferenzen, wie solche bei schnellem Arbeiten mit dem Apparat eintreten, gut vertragen können, ohne zu zerspringen. Die Rohre 7 und 10 können so beschaffen sein, dass ihre oberen, aus der Flüssigkeit herausragenden Enden, aus gewöhnlichem Glase bestehen. Mit Hilfe eines

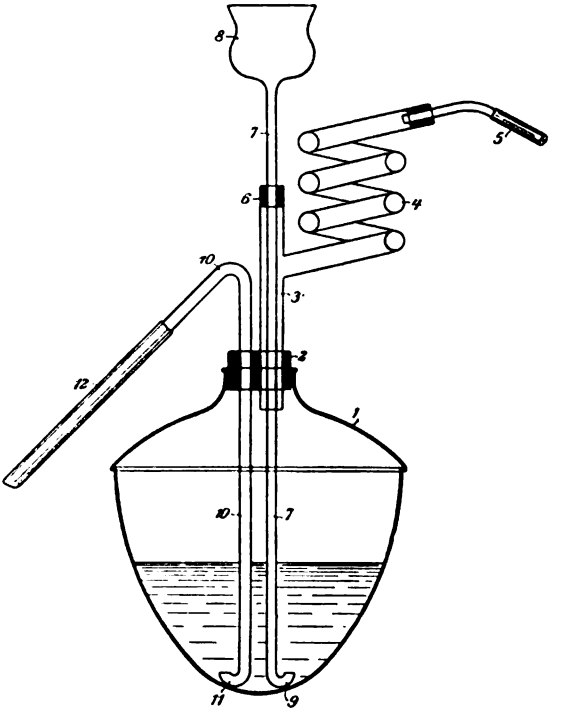


Abb. 24. Kolben des automatischen Destillierapparates mit Armatur.

Gummischlauches wird dann das abgeschnittene Ende der Rohre 7 und 10 mit unten umgebogenen Ansätzen aus Jenaer Glas versehen.

Über den äusseren Schenkel des Rohres 10 ist ein Gummischlauch 12 gezogen. Sowohl Schlauch 5 wie Schlauch 12 können mit einer Klemme versehen werden, die gewöhnlich lose aufliegt.

Um mit dem vorstehend näher beschriebenen Apparate arbeiten zu können, verfährt man folgendermassen: Von dem auf Alkohol zu untersuchenden Essig werden 100 *ccm* in einem Masskolben abgemessen und in einem Becherglase mit Natronlauge wie gewöhnlich neutralisiert. Sodann wird die Flüssigkeit durch den Trichter 8 in den Kolben 1

eingefüllt und sofort die Flamme eines Bunsenbrenners oder einer guten Spirituslampe unter den Kolben gestellt.

Die Flüssigkeit gerät bald ins Sieden und die den Alkohol enthaltenden Dämpfe entweichen durch das weite Rohr 3 und die Schlange 4 aus dem Kolben, um mit Hilfe des Schlauches 5 zur Kondensationsschlange des Kühlers geführt zu werden. Einen anderen Weg können die spirituösen Dämpfe nicht nehmen, da ja die Röhren 7 und 10 durch

Abb. 25. Fringsscher Destillierapparat.

die Flüssigkeit abgesperrt sind und der Kolben durch den Stopfen 2 geschlossen ist. Die Dichtung 6, welche selbstverständlich tadellos funktionieren muss, verhindert ein Entweichen der Dämpfe nach oben.

Da beim Sieden des Kolbeninhalts auch diejenige Flüssigkeit, welche innerhalb der Röhrchen 7 und 10 steht, Gasblasen entwickeln muss, wird ein geringer Teil des Alkohols auf diesem Wege entweichen. Diese Menge ist indessen, wie durch Versuche von Herrn Frings

festgestellt wurde, so gering, dass sie praktisch vernachlässigt werden kann.

Um zu verhindern, dass aus der übrigen Flüssigkeit Gasblasen durch die Röhren 7 und 10 entweichen, sind diese Röhren an ihrem unteren Ende U-förmig umgebogen, siehe Zahl 9 und 11.

Ist das dem Kühler vorgelegte Kölbchen genügend weit mit dem Destillat angefüllt, so kneift man den Schlauch 5 mit dem Finger oder mit Hilfe einer Klemmschraube kurze Zeit zusammen, wobei man zu beobachten hat, dass die Flüssigkeit nicht allzuweit in das Trichterrohr 7 oder sogar in den Trichter 8 hineinsteigt. Durch das Eindrücken des Gummischlauches 5 — bei Anwendung der Klemmschraube ist dieselbe sehr schnell wieder zurückzudrehen — entsteht in dem oberen Teil des Kolbens eine Dampfspannung, da ja die sich noch stetig infolge des Erhitzens entwickelnden Dämpfe nicht entweichen können. Eine Folge hiervon ist, dass die Flüssigkeit in dem Rohr 10 emporsteigt und, nachdem sie den Scheitelpunkt desselben passiert hat, infolge der eintretenden Heberwirkung durch den Schlauch 12 abfliesst.

Hat sich der Kolben vollkommen entleert — soweit es natürlich die Biegung 11 zulässt —, so füllt man sofort, ohne dass die Flamme unter dem Kolben fortgenommen wird, neu zu untersuchende Flüssigkeit durch den Trichter 8 in den Destillationskolben ein und das Spiel beginnt von neuem.

Vor dem Neubeschicken des Kolbens kann man den Schlauch 12 mit Hilfe einer Klemme verschliessen.

Ist eine Destillation beendet, so muss man dafür Sorge tragen, dass der Kühler wieder mit frischem Kaltwasser befüllt wird, da das in ihm enthaltene Wasser nur für eine Destillation ausreicht.

An Stelle der bisher üblichen Kühler kann man auch solche mit kontinuierlichem Wasserzufluss und -abfluss verwenden. In diesem Falle lassen sich in einem Kühlzylinder drei und noch mehr Kühlschlangen anordnen, so dass zu gleicher Zeit drei Destillationen — natürlich unter Benutzung von drei vorgelegten Destillierkolben — durchgeführt werden können.

Die Vorzüge des Fringsschen Apparates bestehen in einer Abkürzung der Arbeitszeit, weil der Apparat nach beendeter Destillation nicht auseinandergenommen werden braucht und weil die Entleerung des Destillierkolbens selbsttätig erfolgt. Hierzu kommt noch, dass bei der Ausführung einer folgenden Destillation stets die Wärme von dem vorherigen Versuche benutzt wird, um die neu eingefüllte Flüssigkeit zum Sieden zu bringen.

Die Abbildung 25 zeigt uns den vollständigen Destillierapparat nach Frings, einschliesslich Kühler, Vorlage, Dreifuss usw. —

Neuerdings hat Frings seinen Destillierapparat in der Weise um-

geändert, dass er an Stelle des doppelt durchbohrten Gummistopfens eine Gummimuffe benutzt, die über den Hals des Kupferkolbens herübergeschoben wird und oben nicht eine Kondensationsschlange, sondern einen Aufsatz trägt, der nach Art der bekannten Stickstoffdestillationsaufsätze geformt ist.

Das Heberrohr und das mit dem Trichter versehene Einfüllrohr sind aus Kupfer gefertigt und mit dem Kupferkolben, durch den sie seitlich von oben hindurchgehen, verschmolzen.

Mit der Destillation hat Frings auch gleichzeitig die Titration in der Weise vereinigt, dass er nicht 10 *ccm* Essig, sondern 100 *ccm* titriert und die hierbei erhaltene neutralisierte Flüssigkeit ohne weiteres in den Destillierkolben hineingibt.

Als Indikator darf in diesem Falle natürlich nicht eine alkoholische Lösung von Phenolphtaleïn, sondern pulverförmiges, festes Phenolphtaleïn benutzt werden.

Zweiter Teil.

Botanik und Zoologie.

A. Die Botanik im Dienste der Essigfabrikation.

Bei der Bildung von Essig aus schwach alkoholischen Flüssigkeiten, wie Wein, Bier, Spiritusmaischen usw., sind kleine Lebewesen, die zu den Pflanzen zu rechnen sind, tätig. Durch sie wird der Alkohol des Weines usw. infolge eines Oxydationsprozesses in Essigsäure übergeführt.

Diese Sauerstoffüberträger, die Essigpilze, sind wie gesagt Pflanzen, und zwar gehören sie zu den am wenigsten entwickelten Arten des grossen Pflanzenreiches, den Bakterien.

Alle Pflanzen bestehen aus einzelnen Zellen, und zwar von teilweise sehr verschiedener Gestalt; man kennt runde, langgestreckte, polyedrische Zellen. Der Körper der höheren Pflanzen ist meist aus sehr mannigfaltig gestalteten Zellverbänden zusammengesetzt. Die niederen Pflanzen bestehen dahingegen vielfach aus einer einzigen Zelle, aus der sich dann durch Teilung oder durch Aussprossung neue Zellen bilden.

Die Zellen der Pflanzen setzen sich aus einer Membran oder Zellhaut, dem Protoplasma, dem Zellkern und dem Zellsaft zusammen. Daneben kommen im Innern der Zelle, teils im Protoplasma, teils im Zellsaft noch andere Körper, wie Stärke, Kristalle, Fetttropfen, Chlorophyllkörner usw. vor.

Zellkern und Zellhaut fehlen bisweilen; Zellen ohne Membran heissen nackte Zellen. Vielfach verdickt sich die Membran, wie z. B. bei den höheren Pflanzen, wodurch das Holz entsteht.

Das Protoplasma, welches eine mehr oder minder durchsichtige, homogene, schleimige bis gallertartige Masse bildet und das hauptsächlich aus Eiweissstoffen besteht, ist der Träger des Lebens der Pflanzenzellen. Ohne Protoplasma ist die Weiterentwicklung oder überhaupt eine Lebensäusserung der Pflanzen nicht möglich. Die

Enzyme, welche die chemischen Spaltungen in der Pflanze vollziehen, bilden einen Teil des Protoplasma.

In den Pflanzenzellen findet die Umwandlung der durch die Pflanze aufgenommenen Stoffe statt. Hierbei spielt der grüne Farbstoff der Pflanzen, das Chlorophyll, eine hervorragende Rolle. Unter der Einwirkung dieses Chlorophylls wird nämlich die aus der Luft aufgenommene Kohlensäure und das Wasser unter Austritt von Sauerstoff in Kohlehydrate — Zucker, Stärke und Cellulose usw. — umgewandelt.

Dieser als Assimilation bekannte Vorgang ist aber an das Vorhandensein von Chlorophyll, das sich aber meist nur in höheren Pflanzen findet, gebunden. Alle chlorophyllfreien Pflanzen, und hierzu gehören auch die Pilze, sind mit wenigen Ausnahmen nicht imstande, die Kohlensäure und das Wasser in organische Verbindungen umzusetzen. Sie müssen vielmehr die Stoffe, welche sie zum Aufbau ihrer Zellen benötigen, in einer bereits vorgebildeten Form erhalten; andernfalls können sie sich nicht entwickeln. Die Pilze ernähren sich daher parasitisch, d. h. auf Kosten anderer Organismen oder organischer Verbindungen, indem sie dieselben zersetzen. —

Die Pilze sind über die ganze Erdoberfläche in zahlreichen Arten verbreitet, von denen aber, abgesehen von den bekannten essbaren Spezies, wohl nur die Krankheitsbakterien und die Schimmelpilze Interesse für die Allgemeinheit besitzen.

Dass die Pilze auch eine hervorragende Rolle im gewerblichen Leben spielen, entzieht sich meist der Kenntnis des grossen Publikums, und doch beruht die Fabrikation von Wein, Bier und Essig auf der Lebenstätigkeit dieser Organismen. Die Pilze sind auch bei der Brodbäckerei, der Käsebereitung, der Gerberei, dem Ausreifen des Tabaks usw. in hohem Masse tätig.

Da die Pilze, namentlich die Einzelligen, meist sehr klein sind, muss man sich, um deutlich ihre Formen erkennen zu können, einer vergrössernden Vorrichtung, des Mikroskopes, bedienen.

Abschnitt I. Instrumente und sonstige Hilfsmittel, die bei botanischen Untersuchungen angewandt werden.

Das Mikroskop.

Das Mikroskop besteht aus einer Anzahl von Linsen, die derartig zusammengestellt sind, dass sie dem Auge des Beschauers ein vergrössertes Bild von dem beobachteten Gegenstande, dem sogenannten Objekte, geben.

Die Linsen sind in zwei Systemen angeordnet. Das eine derselben,

welches dem beobachteten Gegenstande genähert wird, heisst das Objektiv; das andere, dem Auge zugewendete, wird als Okular bezeichnet.

Die Abbildung 26 zeigt uns ein Mikroskop in einer Ausführung, die den zu stellenden Anforderungen in bezug auf gärungstechnische Fragen in jeder Weise genügt. Das Mikroskop präsentiert sich in der Seitenansicht. Das Fenster, von dem das Licht herkommt, ist rechts zu denken; siehe die Stellung des Spiegels.

Auf dem hufeisenförmigen Fuss ruht das Gestell (Stativ) des Mikroskopes. An diesem sind befestigt, von unten beginnend, der Spiegel und darüber der Tisch des Mikroskopes. Die seitlich auf demselben mit kleinen Schrauben befestigten Klemmen dienen dazu, um das Gläschen, auf dem sich das zu untersuchende Objekt befindet, festzuhalten. Der Tisch besitzt in der Mitte eine Durchbohrung, über welcher das Präparat zu liegen kommt. Nun folgt der Hauptbestandteil des Mikroskopes, der sogenannte Tubus, dessen Abstand vom Objekt sowohl durch Ausziehen mit der Hand, als auch durch Schraubenbewegung reguliert werden kann. Dem Objekt zunächst befindet sich das Objektiv, bestehend aus einem System von Glaslinsen, welche das Zustandekommen des Bildes vom Objekte durch Brechung der Lichtstrahlen in der Längsrichtung des Tubus und Wiedervereinigung der Strahlen bewirken. Der obere Teil des Tubus trägt das Okular, gleichfalls wie das Objektiv aus einem System von Linsen bestehend, welches das durch das Objektiv entwickelte Bild in das Auge des Beobachters hineinwirft und diesem so zum Bewusstsein bringt.

Abb. 26. Mikroskop.

Bei dem abgebildeten Mikroskop trägt der Tubus drei Objektive, welche verschiedene Vergrösserungen repräsentieren. Das eine der beiden Reserveobjektive, nämlich das vordere, ist im Bilde in seiner ganzen Grösse sichtbar, während das andere teilweise durch den Tubus des Mikroskopes verdeckt ist und nur seinen oberen Teil erkennen lässt. Durch eine Dritteldrehung nach rechts oder nach links bringt man das System mit der gewünschten Vergrösserung unter den Tubus und kann dann nach erfolgter Einstellung, die durch Auf- und Abwärtsbewegen des Tubus vorgenommen wird, das unter dem Mikroskop befindliche Objekt betrachten.

Die Veränderung des Abstandes des Tubus vom Objektträger,

d. h. von dem Glase, auf welchem sich das zu untersuchende Objekt befindet, kann auf verschiedenen Wegen bewirkt werden.

Die grobe Einstellung wird mit der Hand gemacht, indem man den Tubus in der ihn umgebenden Hülse nach oben oder nach unten schiebt. Zu Erzielung der feineren Einstellung hingegen bedient man sich der an dem Stativ befindlichen Schrauben.

Wird der Tubus weit nach oben heraufgezogen, so erhält man ein grösseres, aber auch dunkleres Bild, als wenn man den Tubus weit in die Hülse hineinschiebt.

Hat man das Objektiv dem Tisch des Mikroskopes auf kurze Entfernung durch Herunterschrauben des Tubus genähert, so ergreift man die an der rechten Seite des Mikroskopes befindliche Schraube mit der rechten und die hinten am Tisch, etwas oberhalb desselben befindliche mit der linken Hand und dreht zuerst mit der rechten Hand so lange, bis man das Präparat undeutlich erkennt. Sodann bewirkt man die feine Einstellung des Objektes durch Drehung der hinten am Tisch befindlichen Schraube.

Zunächst arbeite man mit der schwächsten Vergrösserung. Ein bestaubter, oder noch besser ein mit sehr kleinen Wassertröpfchen besprengter Objektträger soll uns das Auffinden des Bildes erleichtern.

Wir versuchen zunächst, die Staubkörnchen in das Gesichtsfeld des Mikroskopes zu bringen, wobei wir des öfteren den Abstand vom Objektiv und Präparat variieren müssen, um endlich das Richtige zu treffen.

Als Regel für den Anfänger gelte, dass man zunächst das Objekt so dicht wie möglich dem Präparat nähere. Ist dieses geschehen, so mache man dann erst den Versuch, das Präparat durch das Mikroskop zu betrachten. Sehen wir alles schwarz oder in dunklen Konturen, so bewegen wir den Spiegel so lange auf- bzw. abwärts, bis das Gesichtsfeld gänzlich hell erscheint.

Erwähnt muss auch noch werden, dass der Spiegel des Mikroskopes auf der einen Seite einen glatten Schliff (Planschliff) zeigt, während er auf der anderen Seite konkav, also ausgehöhlt ist. Bei klarem Himmel und schwachen Vergrösserungen genügt das Licht, welches wir mit dem Flach- oder Planspiegel erhalten. Bei stärkeren Vergrösserungen muss man jedoch, namentlich an trüben Tagen, den Hohl- oder Konkavspiegel benutzen. Bei Sonnenschein vermeide man es, dass direkte Sonnenstrahlen den Spiegel treffen. Abgesehen davon, dass die Augen geblendet werden, kann sich noch leicht ein Nachteil an den Glaslinsen infolge bedeutender Temperatursteigerungen einstellen, indem die einzelnen Linsen wie Brenngläser wirken.

Am geeignetsten ist das reflektierte Sonnenlicht, das von einer weissen Wolke kommt. Ist das Fenster, an dem mikroskopiert wird, nach Norden gelegen, so ist dieser Fall besonders günstig.

Ist das Gesichtsfeld hell genug beleuchtet, so fasst man mit der linken Hand den Fuss des Mikroskopes fest, mit der rechten Hand den Ring des eingesteckten Tubus und bewirkt zunächst die grobe und sodann die feine Einstellung, wie vorstehend beschrieben wurde.

Die auf dem Objektträger befindlichen Staubkörnchen oder Wassertröpfchen machen sich dann als mehr oder weniger durchsichtige, unregelmässig geformte Körnchen oder Punkte kenntlich.

Bisweilen sehen wir auch schwarze Punkte oder Streifen im Gesichtsfelde, die bei jeder neuen Einstellung an derselben Stelle verbleiben.

In diesem Falle handelt es sich um eine Verstaubung der Glaslinsen. Es fragt sich nun, wie stellen wir fest, wo sich die Staubpartikelchen befinden. Zu diesem Zwecke drehen wir zunächst das Okular im Tubus rechts oder links herum. Wandern die schwarzen Punkte in der Bewegungsrichtung mit, so wissen wir, dass die Staubteilchen an den Linsen des Okulars haften. Durch Abschrauben der oberen oder der unteren Linse lässt sich das Okular leicht auseinander nehmen und mit Hilfe eines Läppchens von weicher Leinwand oder Leder oder auch mit Hilfe von Josefpapier reinigen.

Nicht so leicht gelingt die Reinigung der Objektivlinsen, namentlich wenn der Staub auf der Innenseite der einzelnen Linsen sitzt. Die Reinigung wertvoller Linsen sollte man, wenn sich Schwierigkeiten bieten, besser einem Optiker überlassen.

Immersionsobjektive, d. h. solche Linsen, die zwecks Beobachtung des Präparates in eine Flüssigkeit, wie Wasser, Zedernöl oder dergleichen, getaucht werden, sind nach jedesmaligem Gebrauch gut abzuwischen. Bei Verwendung von Öl als Immersionsflüssigkeit muss die Linse mit etwas Benzin gereinigt werden.

Das Präparat von der zu beobachtenden Substanz wird in der Weise gemacht, dass man auf den blank geputzten Objektträger einen Tropfen reines Wasser bringt, mit einer Pinzette oder einem anderen geeigneten Instrumente die betreffende Substanz in den Tropfen hineintut und sodann mit dem gleichfalls gut gereinigten Deckgläschen bedeckt. Die an den Rändern hervorquellende Flüssigkeit ist durch etwas Fliesspapier aufzusaugen. Da hierbei zuweilen ein Teil des zu beobachtenden Stoffes unter dem Deckgläschen fortschwimmt und beim Aufsaugen der Flüssigkeit an dem Fliesspapier haften bleibt, ist es richtig, den Wassertropfen möglichst klein zu machen.

Sollen Flüssigkeiten, wie Wein, Essig usw., mit dem Mikroskop untersucht werden, so bringt man einen Tropfen davon direkt auf den Objektträger; nur bei stark getrübten Flüssigkeiten, beispielsweise bei Bodensätzen von Essigen, empfiehlt sich eine Verdünnung mit destil-

liertem Wasser. Diese Verdünnung kann auf dem Objektträger selbst durch Zusatz eines Tropfens reinen Wassers vorgenommen werden.

Abbildung 27 zeigt uns einen Objektträger mit Wassertopfen und Abbildung 28 ein Deckgläschen.

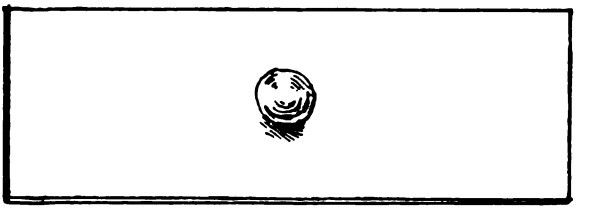


Abb. 27. Objektträger mit Wassertropfen.

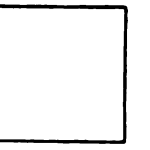


Abb. 28. Deckgläschen.

Abb. 29. Das Ausführen der Strichkultur.

Abb. 30. Fertige Strichkultur nach Lindner.

Arbeitet man mit dem Immersionssystem, so ist nach Anfertigung des Präparates auf die obere Seite des Deckgläschens entweder ein Tropfen Öl (bei Ölimmersionen) oder ein Tropfen destilliertes Wasser (Wasserimmersion) zu bringen. In diese Flüssigkeit ist das Objektiv

vorsichtig einzutauchen und sodann durch Drehung der Schrauben das Bild einzustellen.

Um das Auswachsen von Organismen unter dem Mikroskop zu beobachten, muss man sich eines Hohlobjektträgers bedienen. Derselbe besitzt in der Mitte der oberen Seite einen konkaven Einschliff, der durch das Deckgläschen mit Hilfe eines Vaselinringes verschlossen wird. Auf der inneren Seite des Deckgläschens werden mit einer feinen Zeichenfeder Tropfen oder Striche mit einer Nährflüssigkeit, welche die Organismen enthält, in welcher die Hefen, Bakterien oder Schimmelpilze auswachsen, gemacht. Wie eine derartige Tröpfchenkultur nach Lindner angelegt wird, zeigt uns die Abbildung 29.

Näheres über diesen Gegenstand ergibt das Werk von Professor Dr. Lindner: „Die mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben", 4. Auflage, Verlag von Paul Parey.

Abbildung 30 zeigt uns eine fertige Tröpfchenkultur, sowohl in der Daraufsicht, wie in seitlicher Ansicht in natürlicher Grösse.

Die Sterilisation.

Abgesehen von dem Mikroskope, müssen wir uns aber bei der Untersuchung und Fortzüchtung von Mikroorganismen auch noch anderer Instrumente und Vorrichtungen bedienen, und zwar sind es in erster Linie die Sterilisierungsapparate, welche hier in Frage kommen.

Sterilisieren heisst keimfrei machen.

Überall; in der Luft, im Wasser, im Wein, Bier, Essig usw., befinden sich Organismen, die, wenn ihnen günstige Wachstumsbedingungen geboten werden, sich vermehren. Im Wein, Bier, Essig und anderen als Genussmittel dienenden Flüssigkeiten kann die Vermehrung der Keime eine derartig starke sein, dass die Flüssigkeiten völlig zersetzt werden; sie verderben. Um diese hiervor zu schützen, müssen sie sterilisiert, also keimfrei gemacht werden.

Eine Sterilisation ist auch nötig, wenn man bestimmte Organismen, und zwar nur diese allein, sagen wir Essigpilze, fortzüchten will. Man muss dann alle anderen Organismen, die in und auf den Kulturmedien enthalten sind, abtöten.

Das beste Sterilisierungsmittel ist die Hitze, und zwar bedient man sich zum Abtöten von Organismen entweder der trockenen oder der feuchten Hitze. Handelt es sich um die Sterilisation von Flüssigkeiten, so erhitzt man diese selbst mit der freien Flamme oder mit strömendem Wasserdampf. Sollen feste Körper, Instrumente, Glasgefässe und dergleichen keimfrei gemacht werden, so setzt man sie entweder auch der Einwirkung des strömenden Wasserdampfes aus oder man erhitzt sie für sich allein in einem eisernen Trockenschrank.

Auch antiseptischer Stoffe kann man sich zum Sterilisieren bedienen.

Der Trockenschrank ist genau so gestaltet, wie der auf S. 91 abgebildete Thermostat. Durch seinen oberen Deckel geht ein Thermometer hindurch, an dessen Stande man die Temperatur im Innern des geschlossenen Schrankes abliest.

Die gut gereinigten und an der Luft getrockneten zu sterilisierenden Gefässe werden, wenn es sich um Kolben, Flaschen, Zylinder und andere Geräte mit nicht zu weiter Öffnung handelt, mit einem

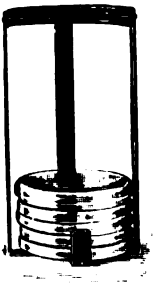


Abb. 31.

Abb. 32.

Petrischalen mit Sterilisationsbüchse.

Wattebausch verschlossen und auf einen Rost des Schrankes gestellt. Doppelschalen, sogenannte Petrischälchen usw., welche keimfrei gemacht werden sollen, stülpt man übereinander und wickelt sie in Fliesspapier ein oder man stellt sie, eine über die andere, in eine eiserne Büchse hinein, die vor dem Sterilisieren im Trockenschrank mit einem Deckel verschlossen wird. (Abb. 31 und 32).

Abb. 33. Erlenmeyerkolben

Abb. 34. Gelatinefläschchen.

Als Kulturgefässe für Organismen auf Flüssigkeiten eignen sich am besten unten etwas ausgebauchte Kolben, die sogenannten Erlenmeyerkolben. Abbildung 33 zeigt uns vier solcher Gefässe in verschiedenen Grössen. Will man nicht grössere Mengen von Organismen züchten, so genügt schon ein Kölbchen von 100 *ccm* Inhalt. Dasselbe ist mit Watte zu verschliessen, zu sterilisieren und nach dem Erkalten mit der für sich in einer verschlossenen Flasche keimfrei gemachten

Kulturflüssigkeit zu befüllen. Nach dem Einfüllen der Flüssigkeit in das Kölbchen kann nochmals im Kochschen Dampftopf sterilisiert werden. Näheres siehe S. 78.

Auf festen Nährböden werden die Organismen zweckmässig in kleinen platten Flaschen von etwa 40 *ccm* Inhalt weitergezüchtet. Die mit Watte verschlossenen Flaschen werden, nachdem sie im Trockenschrank sterilisiert worden sind, mit Gelatine oder einem anderen festen Nährsubstrat teilweise befüllt und sodann zweimal, zuweilen sogar dreimal (bei ungehopfter Würze), im Kochschen Dampftopf erhitzt. Abbildung 34 zeigt uns ein derartiges Fläschchen, welches Nährgelatine, die in schräger Schicht erstarrt ist, enthält.

Pipetten und andere Röhren werden zwecks Sterilisierung in Fliesspapier eingewickelt, wobei namentlich darauf zu achten ist, dass die Enden durch Umbiegen des Papiers völlig von demselben umhüllt sind, und sodann in den Trockenschrank gelegt.

Sämtliche Gefässe und Instrumente, die keimfrei gemacht werden sollen, müssen vor dem Anheizen des Schrankes in diesen hineingetan werden. Man lässt dann die Temperatur durch Kleinstellung der Brenner zunächst langsam, später, nach etwa 10 Minuten, schneller steigen. Ein Verweilen während einer Zeit von 2 Stunden in dem Schrank, von dem Augenblick an gerechnet, an dem die Temperatur auf 130° C. = 104° R. gestiegen ist, genügt, um sämtliche Keime zu töten. Die Temperatur lässt man nicht über 150° C. = 120° R. steigen, da bei zu hoher Temperatur die Watte verkohlt.

Abb. 35. Dampftopf.

Abb. 36. Fläschchen mit Flüssigkeit.

Um Flüssigkeiten, die keine flüchtigen Stoffe enthalten, zu sterilisieren, werden dieselben entweder in einem Glaskolben, der vor dem Erhitzen mit einem Wattebausch verschlossen wurde, über der freien Flamme zum Sieden gebracht, oder im Kochschen Dampftopf (Abb. 35) der Einwirkung des strömenden Wasserdampfes ausgesetzt.

Auch in diesem Falle werden die Gefässe — Abbildung 36 zeigt ein derartiges mit Flüssigkeit gefülltes Fläschchen — kalt in den nicht beheizten Dampftopf hineingestellt und nach dem Anheizen so lange in

dem Topf belassen, bis der Dampf 20 Minuten lang oben aus dem Deckel tüchtig herausgeströmt ist. Sodann wird die Flamme ausgedreht, die Fläschchen usw., die sich in einem Korb aus Drahtgeflecht befinden, zusammen mit diesem noch heiss aus dem Dampftopf herausgenommen und im Zimmer sich selbst überlassen. Am nächsten Tage werden die mit Nährflüssigkeiten befüllten Gefässe nochmals in derselben Weise behandelt; es genügt aber, den strömenden Dampf 10 Minuten einwirken zu lassen.

Bisweilen muss sogar dreimal (am dritten Tage) erhitzt werden; z. B. bei Verwendung von ungehopfter Würze und von Weinmost, wenn diese Flüssigkeiten nicht aufgekocht werden.

Auch Gelatine und Nähr-Agar werden ebenso wie die Flüssigkeiten im Kochschen Dampftopf sterilisiert.

Will man Flüssigkeiten durch Erhitzen mit der freien Flamme keimfrei machen, so genügt meist ein vorsichtiges Sieden von 20 bis

Abb. 37. Spritzflasche.

Abb. 38. Sterilisierung einer Pipette.

30 Minuten. Will man ganz sicher gehen, so lässt man am nächsten Tage die Flüssigkeit nochmals, aber nur 5—10 Minuten lang, ganz mässig kochen. Ein stürmisches Sieden ist zu vermeiden.

Es ist aber bei dieser Behandlungsweise in Betracht zu ziehen, dass durch das Erhitzen mit der freien Flamme eine Konzentration der Flüssigkeit eintritt; auch flüchtige Stoffe, wie Alkohol und Essigsäure, verschwinden hierbei ganz oder doch teilweise. Dasselbe gilt auch, wenn auch nicht in einem solchen Masse wie bei dem direkten Erhitzen, von dem Erhitzen alkoholischer Flüssigkeiten im Kochschen Dampftopfe.

Pipetten und andere Röhren kann man, abgesehen von der Verwendung der trockenen Hitze, auch im strömenden Dampf in der Weise sterilisieren, dass man sie durch ein kurzes Stück Gummischlauch mit dem nach oben gebogenen Rohr einer Spritzflasche (Abb. 37) verbindet

und das darin enthaltene Wasser zum Sieden (vorsichtiges Siedenlassen) bringt. Das Schlauchende, welches die Spitze der Spritzflasche mit dem nach unten gebogenen, langen, in die Spritzflasche hineinreichenden Glasrohre verbindet, wird durch eine Klemme zusammengekniffen. Auch kann man in der Weise vorgehen, dass man die Pipette mittels eines Stopfens in einem Reagensglase, in dem sich etwas Wasser befindet, befestigt und sodann das Wasser erhitzt (Abb. 38).

Die Sterilisation von Gefässen und Instrumenten kann auch mit Hilfe von giftig wirkenden chemischen Verbindungen ausgeführt werden.

Natürlich müssen diese Stoffe nach ihrer Verwendung wieder gut, durch Nachspülen mit Wasser, Dampf usw. aus den Gefässen entfernt werden.

Essig oder seine Rohstoffe sind unter keinen Umständen mit solchen antiseptisch wirkenden Stoffen zu behandeln.

In Betracht kommen Formaldehyd, Ameisensäure, Flusssäure und ihre Verbindungen, Ätzkalk, saure schwefligsaure Salze, Soda und das höchst giftige Quecksilberchlorid (Sublimat).

Letzteres wirkt bisweilen schon in einer Verdünnung von 2 : 10 000, meist aber bei 1 : 1000 keimtötend; es wird aber für unsere Zwecke nur zum Befeuchten von Fliesspapier, welches in die Glocken für die Reinzuchtversuche eingelegt wird, verwendet.

Zum Sterilisieren von Essigkufen und Fastagen wendet man Montanin (Verbindungen der Flusssäure) für sich allein oder am besten Ätzkalk und darauf sauren schwefligsauren Kalk an. Die zu reinigenden Kufen werden mit einem dicken Brei von Ätzkalk im Inneren gut überstreichen und in diesem Zustande 3—4 Tage sich selbst überlassen. Sodann wird der Kalk mit Wasser entfernt und die Kufen wiederholt mit einer starken Lösung von schwefligsaurem Kalk ausgebürstet. Wegen des hierbei auftretenden Geruchs nach schwefliger Säure muss sich der Arbeiter einen feuchten Schwamm vor Mund und Nase binden.

Fässer werden durch Umschwenken mit den Desinfektionsmitteln gereinigt.

Mit Wasser ist wiederholt gut nachzuspülen.

Das Pasteurisieren.

Alle Flüssigkeiten, die vergasbare Stoffe, wie Alkohol, Essigsäure usw. enthalten, dürfen nicht, wenn ihre Zusammensetzung nicht verändert werden soll, in lose verschlossenen Gefässen — ein Wattebausch ist z. B. ein loser Verschluss — erhitzt werden, da in diesem Falle eine Entmischung der Flüssigkeit eintreten würde.

Man muss daher Wein, Bier, Essig usw. in gut verschlossenen Flaschen entkeimen. Da aber hierbei ein Druck entsteht und das

Aroma und der Geschmack der Flüssigkeiten durch hohe Temperaturgrade leiden, darf die Temperatur — namentlich bei Flüssigkeiten, die auch nach dem Abtöten der Organismen noch als Genussmittel dienen sollen — nicht zu hoch gesteigert werden. Ein derartiges Entkeimen, bei dem die Temperatur der erhitzten Flüssigkeit unter dem Siedepunkte des Wassers bleibt, wird als Pasteurisieren bezeichnet.

Die Pasteurisierungstemperaturen sind verschieden, je nach der Art der Flüssigkeit, der in ihr enthaltenen Organismen und dem Verwendungszweck der Flüssigkeiten. Die Temperaturen sind auch abhängig von der Länge der Einwirkung der Hitze. So wird man beispielsweise Bier, das nach dem Pasteurisieren genossen werden und dessen Geschmack daher durch das Pasteurisieren nicht oder doch nur wenig verändert werden soll, nur auf verhältnismässig niedere Temperaturen erhitzen und auch nicht allzu lange der Einwirkung der Wärme aussetzen. Allerdings ist man in diesem Falle auch nicht sicher, dass sämtliche Organismen abgetötet sind. Jedenfalls erreicht man aber auch durch ein Erhitzen von flüssigen Genussmitteln auf nicht allzu hohe Temperaturen, dass die Entwicklung der Organismen und damit eine Zersetzung der Flüssigkeiten wesentlich gehindert wird.

So wird beispielsweise ein 10 Minuten andauerndes Erhitzen von fertigem Essig auf 50° C. = 40° R. meist genügen, um ihn vor der Bildung von Schleimmassen (Bakt. xylinum) und vor Schädigungen durch andere Organismen zu schützen.

Henneberg kommt in seiner Arbeit[1]) über Abtötungsversuche von Essigbakterien und Älchen zu folgenden Schlüssen:

„Fassen wir zum Schluss nochmals das Wichtigste für die Praxis betreffs der **Pasteurisierungstemperaturen** zusammen, so können wir nach allen bisherigen Versuchen sagen, **dass 48—50° C. ganz ausreichend sind, um einen Essig zu pasteurisieren, und zwar braucht der Essig (bzw. Essigmaische) nur kurze Zeit (in einigen Minuten) bis auf 48 bis 50° C. erhitzt zu werden.**

Es ist selbstverständlich, dass bei der Abtötung sehr dicker Schleimhäute des Bakt. xylinum die Erhitzung, um ein Eindringen der Hitze zu erzielen, etwas länger stattfinden muss. In den allermeisten Fällen wird dies jedoch nicht in Betracht kommen.

Die älteren Angaben, dass ein einstündiges Erhitzen auf 55—60° nötig ist, sind also in der angegebenen Weise zu korrigieren."

Will man im praktischen Betriebe, wenn es sich darum handelt, Essige (namentlich Wein- und Bieressige), die viel und namentlich dicke Schleimmassen enthalten, ganz sicher gehen, so ist es nach Ansicht des Verfassers zweckmässig, den Essig nicht nur etwas länger zu erhitzen, sondern auch

1) Deutsche Essigindustrie 1905, Nr. 46.

die Temperatur um einige Grade zu erhöhen, oder den Essig vor dem Pasteurisieren zu filtrieren.

Die zu pasteurisierende Flüssigkeit darf aber nicht nur an den Rändern, sondern sie muss in ihrer ganzen Masse diese Temperaturgrade besitzen.

Um Bier zu pasteurisieren, welches zur Fortzüchtung von Essigpilzhäuten benutzt werden soll, wird dasselbe zunächst in einer geräumigen Flasche durch tüchtiges Umschütteln entkohlensäuert. Sodann giesst man das Bier in eine mit Patentverschluss versehene Bierflasche zurück, füllt, falls etwas Bier verloren gegangen sein sollte, die Flasche fast bis zum Verschluss an, verschliesst sie und stellt sie in ein Wasserbad, das bis zum Hals der Flasche oder noch besser bis zum Stande des Bieres in der Flasche reicht. Das Ganze wird dann mit einem Tuch bedeckt, damit die beim Erhitzen des Wassers entwickelten Dämpfe den Verschluss der Flasche umspülen.

Beim Anheizen wird langsam vorgegangen, so dass die Temperatur allmählich gesteigert wird. Hat das Wasserbad eine Temperatur von 65—70° Cels. = 52—56° R. erreicht, so hört man mit der Temperatursteigerung auf und lässt das Bier noch $^1/_2$ Stunde bei dieser Temperatur stehen.

Vor dem Herausnehmen der Flaschen aus dem Wasserbade muss sich dieses erst auf mittlere Temperaturgrade abgekühlt haben, weil sonst die Flaschen zerspringen. Während des Pasteurisierens darf das über das Pasteurisierungsgefäss bzw. die Flaschen gebreitete Tuch nicht gelüftet werden, da bei einem etwaigen Zerplatzen der Flaschen leicht Glassplitter umhergeschleudert werden können. Dasselbe gilt in noch erhöhtem Grade für Wein, der wegen seines stärkeren Alkoholgehaltes beim Pasteurisieren einen noch grösseren Druck auf das Glas der Flasche ausübt als Bier.

Vor dem Pasteurisieren von Bier und Wein kann man auch, wenn diese Flüssigkeiten zum Züchten von Essigpilzen benutzt werden sollen, einen Zusatz von etwas Essig zu denselben machen. Man wendet häufig soviel Essig an, dass der Säuregehalt des Gemisches etwa $^1/_4$—$^1/_2$ pCt. Essigsäure beträgt. Indessen ist unter Umständen auch ein höherer, bisweilen aber auch ein geringerer Säurezusatz ratsam.

Der für Kulturversuche zu benutzende Wein darf aber keine erheblichen Mengen von fixen Säuren besitzen; man verwendet am besten einen milden Weisswein.

Beim Pasteurisieren von Wein zwecks Herstellung einer Kulturflüssigkeit für Organismen werden dieselben Temperaturgrade wie beim Bier angewendet.

Die vorstehend genannten Pasteurisierungstemperaturen für Bier und Wein sind deshalb so hoch gegriffen, weil die Organismen, die in dem

Bier enthalten sind, möglichst geschwächt bzw. getötet werden sollen, um einen störenden Einfluss derselben bei der Züchtung der Essigpilzhäute möglichst auszuschliessen.

Handelt es sich um das Pasteurisieren von kohlensäurehaltigem Bier, welches genossen werden soll, so darf man nach Fernbach nur Temperaturen von 55—65° Cels. bzw. 44—52° R. (15—20 Minuten) anwenden. Schon bei 58° Cels. = 46° R. nimmt das Bier einen Brotgeschmack an.

Will man bei der Reinzucht von Essigpilzen ganz sicher sein, dass das Bier oder der Wein absolut frei von fremden Organismen ist, so kocht man den Alkohol fort, füllt auf das ursprüngliche Volumen mit reinem, gekochtem Wasser auf und setzt die Flüssigkeit an zwei aufeinanderfolgenden Tagen während 20 Minuten dem strömendem Dampfe im Kochschen Dampftopf aus; natürlich in einem mit Wattebausch verschlossenen Fläschchen oder sonstigen Gefässe. Vor der Benutzung wird dann der Kulturflüssigkeit die gewünschte, berechnete Menge Alkohol mit Hilfe einer sterilen Pipette zugesetzt.

Kommt es nicht darauf an, dass sich etwas Alkohol bei dem Entkeimen verflüchtigt, so kann das Bier, der Wein usw. auch durch mehrmaliges (2—3mal) Erhitzen im Kochschen Dampftopf sterilisiert werden. In diesem Falle werden die Flaschen aber nicht fest, sondern nur mit einem Wattestopfen verschlossen.

Bereitung von Nährgelatine, -agar und Nährflüssigkeiten.

Abb. 89. Gelatine mit Reinkultur.

Feste Nährböden, wie Nährgelatine und Nähragar, dienen dazu, um Reinkulturen zu züchten und um Mikroorganismen in Form von Reinkulturen längere Zeit im lebenden Zustande zu erhalten und so gleichsam zu konservieren.

Die Organismen wachsen, wie die Abbildung 39 zeigt, auf diesen Nährböden, eine mehr oder minder dicke Schicht bildend, und können von den festen Nährböden jederzeit — vorausgesetzt, dass die Kultur nicht zu alt geworden ist — auf andere feste Nährsubstrate und auch auf Flüssigkeiten übertragen werden.

Nährgelatine.

Die im Handel erhältlichen feinen Gelatineblätter werden in Bier oder in einer Mischung von Bier und Bierwürze oder auch in Wein zunächst aufgeweicht. Man lässt zu diesem Zwecke die zerschnittenen Gelatinetafeln in einer mit der entsprechenden Flüssigkeit gefüllten Porzellanschale einige Stunden stehen und erhitzt dann die Masse am besten auf dem Wasserbade unter stetem Umrühren mit einem Glasstabe.

Arbeitet man mit der freien Flamme, so muss man scharf Obacht geben, dass die Gelatine nicht anbrennt, da dieselbe auf dem Boden der Schale, bevor sie gelöst ist, eine zähe Masse bildet.

Hat sich sämtliche Gelatine in der Flüssigkeit gelöst, so setzt man nach Abkühlung der noch flüssigen Masse auf etwa 50° Cels. = 40° R. pro 1 Liter das Weisse eines Hühnereies in geschlagenem Zustande hinzu, rührt dasselbe gut unter und bringt die Masse durch schnelles Erhitzen dann auf 88—94° Cels. = 70—75 ° R. Der Zusatz des Eiweisses hat den Zweck Trübungen, die bei dem Auflösen der Gelatine in dem Wein, dem Bier oder der Mischung von Bier und Würze entstanden sind, zu dichten Niederschlägen zusammenzuballen.

Sodann wird die heisse Gelatine durch einen Heisswassertrichter filtriert und sogleich in die Aufbewahrungsgefässe — Flaschen oder Reagensgläschen — gebracht, worauf die Gefässe mit einem Wattebausch zu verschliessen sind. Die Gefässe sind bis etwa ein Drittel oder knapp bis zur Hälfte mit der Gelatine anzufüllen, wobei darauf zu achten ist, dass der Hals der Flasche oder das obere Ende des Reagensgläschens nicht mit Gelatine benetzt wird. Tritt dieses trotzdem ein, so muss man die Gelatine an dieser Stelle mit Hilfe eines Wattepfropfens entfernen, weil anderenfalls die Verschlusswatte nach dem Sterilisieren der Flaschen an dieser Stelle anklebt und ein Beimpfen der Flaschen erschweren würde.

Kommt es nicht darauf an, eine völlig durchsichtige Gelatine zu erhalten, so erübrigt sich die Behandlung mit Eiweiss, die, namentlich wegen des Abfiltrierens des entstandenen Niederschlages, eine geraume Zeit beansprucht.

Im Winter benutzt man zweckmässig zum Züchten der Essigpilze und anderer Organismen Nährböden, die 8—10 pCt. Gelatine enthalten. Im Sommer muss ein höherer Gelatinegehalt, nämlich 10—15 pCt., zuweilen auch noch darüber, genommen werden, weil andernfalls die Gelatine an heissen Tagen schmilzt. Es werden also im Sommer zur Herstellung einer Gelatine von 10 pCt. Gelatinegehalt 10 *g* der festen Gelatinetafeln in 90 *g* Bier oder Bier und Würze oder in 90 *g* Wein gelöst.

Biergelatine, die zum Fortzüchten bzw. Isolieren von Essigpilzen benutzt werden soll, setzt man 2—4 pCt. Dextrose zu.

Bei Weinessigbakterien verwendet man Weingelatine. Der zu benutzende Weisswein darf aber nur geringe Mengen von fixen Säuren enthalten. Nötigenfalls ist die Säure durch vorsichtigen Zusatz von Soda bis fast zum Neutralisationspunkte zu binden. Stichweine verwendet man besser nicht zur Bereitung von Nährgelatine. Auch die Weingelatine kann einen Zusatz von 2—4 pCt. Dextrose erhalten.

Reines Bier kann man dann verwenden, wenn es sich um die

Weiterzucht von aus Bier stammenden oder von schon an Gelatine gewöhnte Organismen handelt. Hat man es mit Kulturen zu tun, die erst vor kurzem aus anderen Flüssigkeiten, wie Wein usw., isoliert worden sind, so benutzt man, wenn man nicht die Flüssigkeit, aus der sie stammen, in genügender Menge zur Verfügung hat, am besten eine Mischung von Bier und Würze, oder noch besser von Wein und Würze, da die Organismen bisweilen durch die Bitterstoffe des Hopfens, namentlich bei Verwendung von stark gehopftem Bier, in ihrem Wachstum gehindert werden können.

Als Würze verwendet man eine ungehopfte Bierwürze von etwa 8° Balling; hat man nur Vorderwürze von 16—22° Balling zur Verfügung, so muss dieselbe durch Wasserzusatz entsprechend verdünnt werden. Um die in der ungehopften Würze enthaltenen Bakterien zu töten, wird dieselbe aufgekocht.

In Wein oder Würze, welche viel freie Säure enthalten, wie es beispielsweise bei Weinen schlechter Jahrgänge oder bei milchsäurehaltigen Brennereiwürzen der Fall ist, wird die Säure vor dem Zusatz der Gelatine mit Hilfe von kohlensaurem Natron (Soda) fast neutralisiert, da ein stärkerer Säuregehalt ein gutes Erstarren der Nährgelatine beeinträchtigt.

Die in die Fläschchen oder Reagensgläschen eingefüllte Gelatine wird nunmehr, nachdem die Öffnung des Aufbewahrungsgefässes mit einem Wattestopfen verschlossen ist, mit Hilfe eines Drahtkorbes in den Kochschen Dampftopf getan und hierin 15—20 Minuten lang dem strömenden Dampf ausgesetzt. Man rechnet die Zeit von dem Momente an, wo der Dampf aus der oberen Öffnung des Topfes deutlich herauszuströmen beginnt. Durch eine zu lange Einwirkung der Hitze wird das Erstarrungsvermögen der Gelatine beeinträchtigt.

Nach 15—20 Minuten dreht man die Flamme aus, nimmt den Korb mit den Gelatinegefässen aus dem Dampftopf heraus und hebt den Deckel des Korbes ab, damit die in der Watte befindliche Feuchtigkeit verdunstet. Am nächsten Tage wiederholt man das Erhitzen im Dampftopf während derselben Zeitspanne nochmals, entfernt den Korb nach Beendigung der Sterilisierung sogleich wieder aus dem Dampftopf und legt die noch warmen Fläschchen oder Reagensgläschen in schiefer Lage auf eine horizontale Fläche, damit die Gelatine in einer schrägen Schicht in den Aufbewahrungsgefässen erstarrt. Am besten erreicht man die Abschrägung der Gelatineoberfläche dadurch, dass man die Fläschchen oder Reagensgläschen mit ihrem oberen Teil auf einen Gasschlauch legt (Abb. 40).

Will man keine Schrägung der erstarrten Oberfläche der Gelatine bekommen, so legt man das Fläschchen mit einer der breiten Flächen, ohne etwas unterzulegen, auf einen horizontalen Tisch. Die Gelatine

erstarrt dann in einer geraden Fläche, wie es die rechte der beiden folgenden Abbildungen zeigt.

Die Fläschchen haben zweckmässig einen Inhalt von 40 *ccm*.

Um aus Bier und Wein Nähr-Gelatine herzustellen, die völlig frei von Alkohol ist, werden diese Flüssigkeiten, bevor die Gelatine in ihnen aufgelöst wird, gekocht, bis sich der Alkohol verflüchtigt hat, und sodann mit Wasser auf das ursprüngliche Volumen aufgefüllt.

Will man Gelatine mit einem höheren oder geringeren Alkoholgehalt herstellen, so verfährt man in der Weise, dass man nach dem ersten Sterilisieren der alkoholfreien Nährgelatine im Kochschen Dampftopf in die nicht mehr heisse, aber noch flüssige Gelatine berechnete Mengen Alkohol hineingibt und durch Umschwenken gut in der Gelatine verteilt.

Abb. 40.

Gelatine- oder Agarfläschchen mit schräg erstarrter Oberfläche.

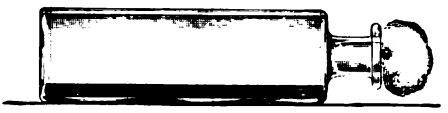


Abb. 41.

Gelatine- oder Agarfläschchen mit horizontal erstarrter Oberfläche.

Da nun die Gelatine nochmals im Kochschen Dampftopf am nächsten Tage erhitzt wird, verflüchtigt sich ein Teil des zugesetzten Alkohols. Es ist daher zweckmässig, etwas mehr Alkohol zuzusetzen, als man nachher in der Gelatine erhalten will. Der genaue Alkoholgehalt der Gelatine muss nach dem Erstarren durch Destillation des Inhalts mehrerer Fläschchen festgestellt werden.

Ist die Grösse des Alkoholgehaltes in der Gelatine gleichgültig, so verwendet man den Wein oder das Bier, ohne den Alkohol zunächst fortzukochen. In diesem Falle müssen aber, wegen der in den Kulturflüssigkeiten enthaltenen Organismen, die mit Gelatine befüllten Fläschchen dreimal im Kochschen Dampftopf sterilisiert werden, oder noch besser, man pasteurisiert die Flüssigkeiten vorher.

Nähragar.

Nach Marpmann bereitet man einen 2prozentigen Nähragar in der Weise, dass man 100 *g* Agar, 5 *l* Wasser oder Würze, die auf 4—8 pCt verdünnt worden ist, und 200 *g* Caraghenpulver zusammenmischt. Dieses Gemenge überlässt man einige Stunden sich selbst, kocht dann in einem kupfernen Kessel kurze Zeit und lässt die erhaltene Lösung bis auf 40° C. = 32° R. erkalten. Sodann werden 10 ganze Hühnereier, die zu Schnee geschlagen worden waren, hinzugesetzt und, nachdem gut durch-

gerührt worden war, nochmals aufgekocht. Schliesslich wird der flüssige Nähragar noch heiss durch einen Wattebausch filtriert.

Man verwendet am besten denjenigen käuflichen Agar, welcher in porösen, vierkantigen Stangen geliefert wird, nicht den Agar in kompakten Bändern.

An Stelle von Wasser oder Würze verwendet man, namentlich bei der Züchtung von Essigbakterien, auch Wein oder Bier, bisweilen gemengt mit Würze.

Nähragar wird dann verwendet, wenn die Bakterien bei höheren Temperaturgraden als Reinzucht isoliert oder bei solchen Temperaturen fortgezüchtet werden sollen. Die Agarkulturen werden in einen Thermostaten gestellt, der eine Temperatur von 20—24° C. besitzt. Um ein Austrocknen des Agars bei dieser Wärme zu vermeiden, sind die Kulturflaschen oder Petrischalen von einer feuchten Kammer zu umgeben. Näheres siehe S. 93.

Hefewasser.

Ein bei der Fortzüchtung von Organismen und auch besonders bei der Ernährung der Essigbakterien vielfach angewendetes Nährmittel ist das Hefewasser.

Es wird in der Weise hergestellt, dass man 100 *g* trockene Hefe (Presshefe) mit 900 *g* Wasser längere Zeit kocht, den Hefeauszug abfiltriert, in kleine Fläschchen von etwa 10 *ccm* Inhalt einfüllt und diese im Kochschen Dampftopf sterilisiert. Man erhält so ein 10prozentiges Hefewasser. Abbildung 36 zeigt ein solches Fläschchen mit Hefewasser.

Auch 6—7prozentiges Hefewasser wird vielfach angewendet.

Das Hefewasser wird zwecks Anregung der Organismen den Kulturflüssigkeiten, wie Wein, Bier usw., häufig dann zugesetzt, wenn die Organismen nicht gut wachsen wollen.

Steriler Wein und desgleichen Bier.

Die Herstellung dieser Kulturflüssigkeiten in keimfreiem Zustande ist bereits auf S. 77—82 behandelt worden.

Abschnitt II. Die Reinzucht.

Reinzuchtorganismen.

Unter reingezüchteten Organismen oder Reinzuchtorganismen versteht man solche Lebewesen, die nur aus einer einzigen Art bestehen. Sie sind unter Bedingungen gewonnen und weitergezüchtet worden, die eine Vermischung mit anderen Lebewesen ausschliessen.

Solche Reinzuchtorganismen besitzen die spezifischen Eigenschaften der besonderen Art, der sie entstammen; sie verändern diese Eigenschaften meist nur innerhalb enger Grenzen. Man hat es also bei Anwendung solcher Organismen stets in der Hand, die Effekte zu erzielen — und zwar bei Benutzung derselben Reinzuchtorganismen stets dieselben Effekte —, die man in einem bestimmten Falle zu erreichen wünscht.

Abgesehen von diesem Vorzuge bietet das Arbeiten mit Reinzuchtorganismen auch noch den Vorteil, dass man Nebenerscheinungen fern hält, welche bisweilen sogar die Wirkung derjenigen Organismen, deren Arbeitserfolg eigentlich gewünscht wird, gänzlich verdecken können.

In demjenigen Teil der Gärungsgewerbe, in welchem die Hefenpilze die Hauptrolle spielen, in der Brauerei, Brennerei und bei der Weinfabrikation, werden Reinzuchtorganismen schon seit längerer Zeit, und zwar mit grossem Erfolge angewendet. Grosse Umwälzungen haben sich infolge der Einführung von Reinzuchthefen auf diesen Gebieten der alkoholischen Gärungstechnik vollzogen zu Nutz und Frommen der Betriebe, deren Ausbeute und Fabrikate gegen früher wesentlich besser geworden sind.

Es liegt also nahe, die auf diesen Gebieten der Gärungsindustrie gewonnenen Erfahrungen auch auf die Essiggärung zu übertragen, noch zumal, da mit den Milchsäurebakterien, die in ihrer technischen Wirkung den Essigpilzen sehr nahe stehen, gleichfalls grosse Erfolge erzielt worden sind; seit geraumer Zeit werden nämlich Reinkulturen von Milchsäurebakterien ständig an Brennereien abgegeben.

Wenn auch die Anwendung von Reinzuchtessigbakterien noch in den Anfängen liegt, so bietet doch die Benutzung solcher Pilze schon jetzt nicht unwesentliche Annehmlichkeiten gegenüber der bisherigen Verwendung von durch zahlreiche Beimischungen verunreinigtem Anstellessig, sowohl bei dem Orleans-, wie bei dem Schnellessigverfahren.

Zu den störend wirkenden Organismen, die den Anstellessig verunreinigen, sind nicht nur andere Essigpilzrassen zu zählen, die bisweilen starke Schleimbildungen hervorbringen, sondern auch vor allen Dingen die Kahmhefen und die Essigälchen.

Was die anderen Essigpilzrassen anbelangt, so kommt hiervon

hauptsächlich das Bacterium xylinum in Frage, welches sich fast in allen Essigkufen, Fässern oder Schnellessigbildnern ansiedelt, die nach dem alten Verfahren, d. h. ohne Benutzung von Reinzuchtpilzen, angestellt worden sind. Tritt die Entwicklung dieser Bakterie bei dem Orleansverfahren sehr frühzeitig ein, so ist dieselbe imstande, das Aufkommen gutartiger Essigpilzrassen gänzlich zu verhindern. Auch nach beendeter Gärung wirkt das Bacterium xylinum insofern schädlich, als durch dasselbe die gebildete Säure — namentlich bei schwachprozentigen Weinessigen — mit der Zeit teilweise oder zuweilen sogar gänzlich wieder aufgebraucht wird. Dasselbe gilt auch von der Einwirkung dieser Bakterie auf die Extrakt- und Bouquetstoffe des Essigs.

Einem jeden Fachmann sind die dicken gelatinösen Häute, welche sich vielfach bei der Essiggärung nach dem Orleansverfahren bilden, bekannt. Diese Häute brauchen naturgemäss zu ihrer Entstehung Extraktstoffe, welche wiederum dem Essig entzogen werden müssen. So kommt es nun, dass das Bacterium xylinum als Schädling wirkend nicht nur die von den gutartigen Essigpilzen gebildete Säure, sondern auch die Extrakt- und Bouquetstoffe des Essigs verbraucht.

Die Kahmhefen wirken insofern schädlich, als sie bisweilen — namentlich wenn der Säuregehalt des Essigs kein sehr hoher ist — die Essigbakterien unterdrücken. Setzt man einen kahmhaltigen Wein oder ein kahmiges Bier zur Essiggärung an, so kann es passieren, dass sich eine schön ausgebildete Decke auf der Flüssigkeit bildet, ohne dass aber eine Versäuerung eintritt. In der Meinung, dass die Decke aus Essigpilzen besteht, lässt man den Prozess ruhig fortschreiten und muss dann nach einiger Zeit leider die Bemerkung machen, dass an Stelle einer Säurezunahme eine Abnahme des Alkoholgehalts des Weines oder Bieres eingetreten ist. Die Kahmhefen besitzen nämlich die Eigenschaft, den Alkoholgehalt gleich wie die Essigpilze anzugreifen. Sie bilden aber nicht wie jene hieraus Essigsäure, sondern sie verbrennen den Alkohol direkt zu Kohlensäure.

Da nun die meisten Weine und Biere, die dem Essigfabrikanten angeboten werden, Kahmhefen enthalten und da fast alle nach dem Orleansverfahren ohne Reinzuchten arbeitenden Fässer einen mehr oder minder starken Gehalt an Kahmhefen erkennen lassen, so ist die Benutzung von Reinzuchtessigpilzen schon aus diesen Gesichtspunkten zweifellos von Vorteil.

Ein dritter Schädling, welcher bei dem alten Verfahren, d. h. ohne Benutzung von Reinkulturen, auftritt, ist der Essigaal. Bekanntlich hält sich dieses Tierchen an der Oberfläche von Flüssigkeiten auf und hindert somit das Zustandekommen der Häute der Essigbakterien bei dem Orleansverfahren. Der Essigaal nährt sich von Essigpilzen; er wird also jedes Anwachsen von Pilzkolonien, die schliesslich zu Häutchen

auswachsen könnten, als willkommene Beute ansehen. So erklärt es sich denn auch, dass in manchen Fässern, die nach dem Orleansverfahren arbeiten, trotz sorgfältiger Zusammensetzung der Maischen und bei Anwendung einwandfreier Rohmaterialien doch keine Essiggärung zustande kommt.

Die Essigälchen treten in diesem Falle nämlich so zahlreich auf, dass sie jedes Auswachsen der Essigpilze zu Decken verhindern.

Das Fernhalten der Älchen von dem Essig ist auch deshalb erwünscht, weil Essige, die grosse Mengen von diesen Organismen enthalten, beanstandet werden.

Das Züchten der Reinzuchtorganismen.

Die Herstellung von Reinzuchtessigbakterien ist mit gewissen Schwierigkeiten verknüpft, weil man nicht, wie bei den Hefen, die Reinzucht unter ständiger Kontrolle des Mikroskops vornehmen kann.

Bei den Hefepilzen geht man nämlich, wenn man Reinzuchten darstellen will, in der Weise vor, dass man auf der inneren Seite des Deckgläschens einer Hohlkammer Punkte oder Striche (siehe S. 74) mit der die betreffende Hefe enthaltenden Kulturflüssigkeit macht und nun mit Hilfe des Mikroskopes sich einen solchen Tropfen bzw. Strich aussucht, der einerseits nur eine einzige Zelle der zu züchtenden Hefe und andererseits keine fremden Organismen enthält. Dieser Tropfen oder Strich der Kulturflüssigkeit wird durch Tintenpunkte fixiert, um ihn zu jeder Zeit mit Leichtigkeit wiederfinden zu können. Sodann beobachtet man das Auswachsen der Hefenzelle und stellt hierbei gleichzeitig fest, ob nicht doch noch fremde Organismen in der Kulturflüssigkeit enthalten sind, welche sich ja gleichfalls mit der Zeit vermehren würden. Ist dieses nicht der Fall und ist die ursprüngliche Hefenzelle zu einer grossen Kolonie angewachsen, so wird diese Kolonie mit Hilfe einer sterilen Platinnadel ausgestochen und unter Vermeidung jeglicher Infektion auf Gelatine verpflanzt, von der sie dann durch Abimpfen weiter gezüchtet wird.

Da die Essigbakterien sehr klein sind und sich, wenn sie als einzelne Organismen vorkommen, mit dem Mikroskop nur schwer auffinden lassen, da die als Einzelzellen und zu zweien oder nur wenigen Individuen vorkommenden Essigpilze — es sind dieses namentlich die Schnellessigbakterien par excellence, wie sie sich in hochprozentigem (14—15 pCt.) Ablaufessig der Schnellessigbildner vorfinden — sich in unseren Kulturflüssigkeiten nur mit Schwierigkeiten vermehren lassen, da ferner die auf unseren Kulturmedien und bei dem Orleansverfahren wachsenden Essigbakterienarten häufig in ziemlich festen Zellverbänden, zu sogenannten Zooglöen verwachsen, auftreten und somit eine Isolierung einzelner Zellen dieser Organismen, wenn überhaupt, nur äusserst

schwierig möglich sein würde, so muss man sich bei der Reinzüchtung der Essigbakterien einer anderen Methode bedienen.

Zu diesem Zwecke lässt man von den zu züchtenden Bakterien zunächst eine Haut auf Bier, Wein oder Schnellessigmaische, je nach dem Ursprunge der betreffenden Pilze, sich bilden, und zwar wählt man hierbei die Kulturbedingungen so, dass die Entstehung von anderen Organismen, z. B. von Kahmhefen, möglichst vermieden wird. Dieses geschieht durch zweckmässige Wahl des Alkohol- und Säuregehaltes des als Nährmedium benutzten Bieres oder Weines. Schnellessigmaischen bieten wegen ihres hohen Alkohol- bzw. Säuregehaltes an sich schon einen genügenden Schutz gegen das Aufkommen von Infektionskeimen.

Hat man schwache Säurebildner vor sich, von denen eine Reinzucht gemacht werden soll, so wendet man ein Bier oder Wein an, dessen Alkoholgehalt 2—4 pCt. und dessen Säuregehalt 0,5—1, selten bis 2 pCt., zuweilen aber noch weniger als 0,5 pCt. beträgt.

Bei der Isolierung von Essigpilzen, die viel Säure zu bilden imstande sind, stellt man den Alkohol und mitunter auch den Säuregehalt der Kulturflüssigkeit höher, etwa auf 4—8 pCt. Alkohol und 1—3 pCt. Säure ein, wobei aber in Betracht zu ziehen ist, dass je höher der Alkohol- und Säuregehalt des Weines oder Bieres ist, desto schwerer die Essigpilze zur Entwicklung kommen. Bisweilen kommt es — namentlich, wenn es sich um Essigpilze handelt, die bereits längere Zeit auf Gelatine weiter gezüchtet worden waren, und die wegen einer Infektion der Reinzuchtkultur von neuem isoliert werden sollen — vor, dass schon ein Säuregehalt von 1 pCt. die Bildung einer Decke von Essigpilzen verzögert, man muss dann der Kulturflüssigkeit noch weniger Säure, etwa nur 0,5 pCt. oder noch weniger zusetzen. Dabei ist indessen zu bedenken, dass durch einen derartig geringen Säuregehalt andere Organismen, wie Kahmhefen usw., leichter zur Entwicklung kommen können. Wenn möglich, sind daher die Kulturflüssigkeiten mit einem höheren Säuregehalt einzustellen.

An Stelle des Bieres bzw. Weines kann man auch künstliche Nährflüssigkeiten anwenden, die aus Pepton, Hefewasser, etwas Zucker, sowie aus Nährsalzen bestehen. Auch in diesem Falle ist ein Zusatz von Essigsäure und vor allen Dingen ein solcher von Alkohol erforderlich, weil die erstere den Essigpilzen als Schutz gegen andere Organismen dient, während der Alkohol zur Entfaltung der Lebensfunktionen der Essigbakterien nötig ist.

In den meisten Fällen empfiehlt es sich indessen, die natürlichen Nährmedien (Bier, Wein usw.) zu wählen, da die Bakterien ja an die in diesen Flüssigkeiten enthaltenen Nährstoffe gewöhnt sind; vorausgesetzt natürlich, dass sie aus Bier oder Wein stammen. Will man aber doch mit künstlichen Nährstoffen arbeiten, so wendet man die-

selben zweckmässig in der Weise an, dass man sie in einem gewissen Verhältnis mit Wein oder Bier verschneidet.

Die Züchtung wird am besten in einer mit einem losen Wattestopfen versehenen, vorher sterilisierten Flasche oder in einem ebenso behandelten Kölbchen von 100—200 *ccm* Inhalt vorgenommen (siehe S. 76). Nach dem Befüllen mit der sterilen Kulturflüssigkeit wird das Kölbchen im Kochschen Dampftopf nochmals erhitzt. Sodann wird mit einer

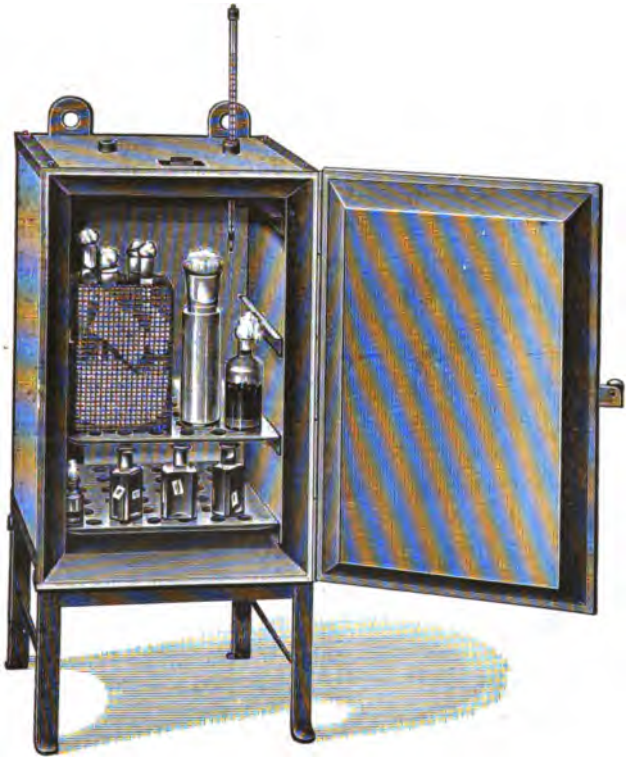


Abb. 42.
Thermostat.

geringen Menge des zu züchtenden Essigpilzes die erkaltete Flüssigkeit geimpft und schliesslich das Gefäss in einen Thermostaten bei einer Temperatur von 25—31° Cels. = 20—25° R. hineingestellt.

Unter Thermostaten versteht man doppelwandige Schränke, die es gestatten, die Temperatur in denselben auf einen bestimmten Grad zu halten. Die beigefügte Abbildung Nr. 42 zeigt einen solchen Thermostaten; die geöffnete Tür lässt den Inhalt des Schrankes erkennen.

Durch einen sogenannten Thermoregulator (Abb. 43) wird die Flamme eines unter dem Schrank anzubringenden Brenners in einer ganz bestimmten Grösse gehalten. Steigt die Temperatur in dem Thermo-

staten, so schliesst das Quecksilber, welches das Gefäss *D* und das von diesem nach oben ausgehende feine Rohr ausfüllt, den Knick bei *A* ab und das Gas kann dem Brenner nur durch die feine Durchbohrung *E* des Glasstopfens zugeführt werden. Die Flamme würde in diesem Falle nur ganz klein brennen. Hierdurch würde bewirkt werden, dass die Temperatur im Thermostaten fällt, was wieder zur Folge hätte, dass sich das Quecksilber in dem Gefäss *D* zusammenzieht, wobei wieder bei *A* eine mehr oder minder grosse Öffnung für den Gasdurchgang freigegeben würde.

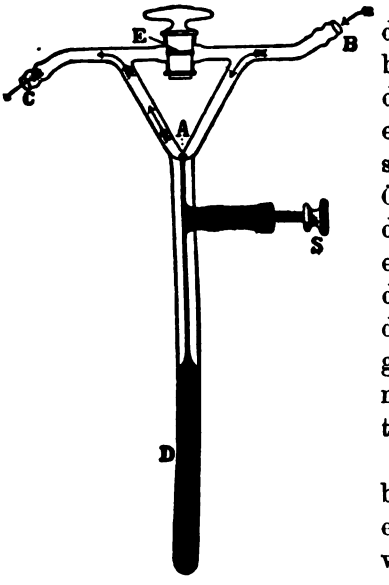


Abb. 43.
Thermoregulator.

Hat sich nun nach einiger Zeit auf der Kulturflüssigkeit ein Häutchen gebildet, von dem zur Sicherheit mit Hilfe des Mikroskopes festgestellt wurde, ob es tatsächlich aus Essigpilzen besteht, so nimmt man sich mit einem zu einer Öse umgebogenen Platindraht, der vorher durch Ausglühen gereinigt worden war, einen geringen Teil der Pilzdecke aus dem Kulturgefäss heraus. Der Platindraht muss natürlich nach dem Ausglühen abgekühlt sein, damit die Organismen nicht durch zu starke Hitze getötet oder geschwächt werden.

Von dieser an dem Platindraht befindlichen Bakterienhautmasse wird ein geringer Teil in ein Fläschchen von ungefähr 10—20 *ccm* Inhalt getan, welches bis zur Hälfte mit sterilem Wein, Bier oder einer anderen, keimfrei gemachten Kulturflüssigkeit für die zu züchtenden Essigpilze angefüllt ist. Nun wird der Inhalt dieses Fläschchens, nachdem man es entweder mit dem gereinigten Finger oder mit einem sterilen Stopfen verschlossen hat, heftig, gut durcheinander geschüttelt, damit die zu Verbänden verwachsenen Essigpilze oder auch andere denselben noch anhaftenden Organismen nach Möglichkeit von einander getrennt werden.

Mit Hilfe einer sterilen Pipette nimmt man sodann von dieser geimpften Flüssigkeit, ohne dass dieselbe Zeit gefunden hat, sich zu entmischen, verschiedene Quantitäten von 1 bis 10 Tropfen heraus und verteilt diese über eine Schicht von steriler Nährgelatine, die sich in einer Petridoppelschale befindet.

Um ein derartiges Schälchen mit Gelatine zu beschicken, nimmt man zwei übereinander gestülpte, sterilisierte Schalen, wie sie in Abb. 31 dargestellt sind, aus dem eisernen Gestell der Sterilisierungs-

büchse heraus und giesst den Inhalt eines Gelatinefläschchens (Abb. 34), der durch Anwärmen der Flasche mit heissem Wasser verflüssigt worden ist, nach Entfernung des Wattestopfes unter vorsichtiger Lüftung der Deckschale in die untere, auf einem horizontalen Tisch befindliche Kulturschale hinein und lässt die Gelatine erstarren.

Die Watte des Gelatinefläschchens ist vor dem Öffnen des Stopfens abzubrennen; das Eingiessen in die Schale muss sehr schnell geschehen und ohne dass die obere Schale weit von der unteren entfernt wird, damit keine fremden, in der Luft befindlichen Organismen die Gelatine beim Umgiessen infizieren.

Nunmehr impft man, wie vorstehend erörtert wurde, mit der in dem Fläschchen enthaltenen, durch Schütteln verteilten Bakterienmasse. Das Impfen geschieht in der Weise, dass man einen bis zehn Tropfen auf die Gelatine heraufbringt und die Flüssigkeit dann mit Hilfe des Platindrahtes — bei nur wenigen Tropfen Impfflüssigkeit, zuweilen unter Zugabe einer geringen Menge steriler Nährflüssigkeit — über die Oberfläche der Nährgelatine verteilt.

Sodann werden die Petrischalen zu mehreren zusammen unter eine Glasglocke gestellt, deren Wandung mit feuchtem Fliesspapier ausgelegt ist und in der sich ausserdem ein Gefäss mit Wasser befindet. Es hat dieses den Zweck, das Eintrocknen der Nährgelatine zu verhindern. Das Fliesspapier wird zweckmässig mit der Lösung eines nicht flüchtigen, antiseptisch wirkenden Stoffes, z. B. Sublimat, getränkt, damit sich auf demselben keine Wucherungen von Schimmelpilzen und anderen Organismen ansiedeln, die dann leicht die angelegten Kulturen infizieren könnten. Die Glocke, zu deren Unterlage man am besten eine matt abgeschliffene, starke Glasplatte benutzt, wird sodann an einen Ort mit mässiger Temperatur (15 bis 19° C. = 12 bis 15° R.) gestellt und die geimpfte Gelatine dann längere Zeit sich selbst überlassen. Besser lässt man die Kolonien sich auf Agar im Brutschrank bei höheren Temperaturen entwickeln.

Nach mehreren Tagen bilden sich auf der Oberfläche der Gelatine kleine Pünktchen, die nach und nach zu grösseren Kolonien von Organismen auswachsen. Obwohl nun von vornherein die Bedingungen so gewählt worden waren, dass hauptsächlich die Weiterentwickelung der zu züchtenden Essigpilze gefördert werden sollte, so lassen sich doch trotz dieser Vorsorge andere Organismen nicht völlig bei den vorstehend erläuterten Züchtungsversuchen ausschliessen. Wir werden daher bisweilen bemerken, dass von den kleinen Pünktchen ein Teil sich sehr langsam entwickelt, während ein anderer Teil erheblich schneller an Grösse zunimmt; die letzteren sind allerdings, wenn wir gut gearbeitet haben, bei weitem in der Minderzahl vorhanden.

Nehmen die sich schneller entwickelnden Kolonien mit der Zeit

ein farbiges Aussehen an und zeigen sie die Gestalt von feinen, fadenartigen Gebilden, so können wir mit ziemlicher Sicherheit sagen, dass wir in diesem Falle Schimmelpilze vor uns haben. Derartige Kolonien kommen also für uns für die Auswahl der Kolonien zu Züchtungszwecken nicht weiter in Betracht.

Ähnlich verhalten sich die Kolonien von Hefen, die eventuell auch noch in geringer Menge auf unserer Nährgelatine entstanden sind. Im Gegensatz zu den Essigpilzen wachsen die Kolonien der Hefepilze meist, analog den Schimmelwucherungen, ebenfalls ziemlich schnell an. Sie zeigen indessen ein anderes Gefüge als die Schimmelpilzkulturen und die kleineren Essigpilzkolonien; sie haben aber immerhin eine gewisse Ähnlichkeit mit den Essigpilzkulturen.

Sie sind von diesen also nicht so leicht zu unterscheiden, als dass man stets, namentlich bei jungen Kolonien, mit Bestimmtheit sagen könnte: hier liegt eine Essigbakterie und hier eine Hefe vor. Man muss daher nunmehr zum Mikroskop greifen und mit Hilfe desselben feststellen, welche Kolonien aus Essigpilzen bzw. welche aus Bakterien bestehen.

Hat man dann eine Bakterienkolonie gefunden, so nimmt man mit der Spitze des ausgeglühten, aber wieder erkalteten Platindrahtes eine ganze Kolonie oder auch nur einen Teil derselben heraus und bringt sie in eine zur Hälfte mit keimfreier Kulturflüssigkeit befüllte, sterilisierte Flasche, um diese dann gut durchzuschütteln und darauf mit der geimpften Flüssigkeit in derselben Weise zu verfahren wie zuerst.

Nachdem man von neuem Kulturen auf einer Platte von Nährgelatine hat wachsen lassen, sticht man unter Zuhilfenahme des Mikroskops wieder eine derselben, die man als eine Bakterienkolonie festgestellt hat, aus und schreitet dann zur dritten und auch zur vierten Reinzüchtung.

Man kann unter diesen Bedingungen, obwohl man ja das Werden der Reinzucht aus einer einzigen Zelle nicht unter dem Mikroskop verfolgen konnte, wie es z. B. bei der Reinzucht von Hefe möglich ist, doch ziemlich sicher sein, dass durch die öftere Verteilung der Bakterien eine so weitgehende Spaltung der Zellverbände eingetreten ist, dass man tatsächlich Reinkulturen vor sich hat. Desgleichen kann man auch mit ziemlicher Sicherheit sagen, dass diese Kulturen aus Essigpilzen bestehen, denn das gezüchtete Material stammt ja aus einer gesäuerten, Essig enthaltenden Flüssigkeit, und die Weiterbehandlung dieser Organismen mit alkoholischen und essigsauren Kulturflüssigkeiten war eine derartige, dass die Fortpflanzung der Essigpilze begünstigt, dagegen aber die Entwicklung anderer Organismen gehemmt wurde. —

Die Reinzucht von Essigbakterien kann auch in der Weise durchgeführt werden, dass man zunächst, wie auf Seite 90 beschrieben worden ist, auf Maischen bzw. Wein oder Bier, die möglichst viel Alkohol und Säure enthalten, eine Haut von Essigpilzen auswachsen lässt.

Ein möglichst hoher Alkohol- und Säuregehalt hat auch in diesem Falle den Zweck, andere Organismen, die den Essigbakterien von ihrem Fundorte her anhaften könnten, von vornhereiu zu unterdrücken. Hat sich in dem in dem Thermostaten aufbewahrten Kulturkölbchen eine Haut von Essigpilzen entwickelt, — was mit Hilfe des Mikroskops festgestellt wird — so nimmt man mit Hilfe eines ausgeglühten und erkalteten Platindrahtes, der zu einer Öse umgebogen ist, einen Teil dieser Haut aus dem Kolben heraus und führt hiermit einen oder mehrere Impfstriche auf in einem Fläschchen befindlicher Gelatine oder Agar aus. Dicke Hautpartikelchen soll der Impfstrich möglichst nicht enthalten. — Nunmehr lässt man die Organismen auf der Gelatine (Agar) auswachsen.

Die auf festen Nährmedien sich entwickelnden Bakterien haben ein weit geringeres Zusammenhangsvermögen als die Hautformen der auf Kulturflüssigkeiten entstehenden Essigpilzvegetationen; Zooglöenbildungen sind in dem Impfstrich nicht vorhanden. Infolgedessen lassen sich die einzelnen Bakterienzellen nnd damit auch die gutartigen Essigpilze von den noch etwa beigemischten schädlichen Bakterienzellen und anderen Organismen leichter trennen, als wenn die Isolierung bzw. das Ausgiessen auf Platten zwecks Isolierung der Essigpilze mit Flüssigkeiten vorgenommen wird, die mechanisch zerkleinerte Häute von Essigbakterien enthalten.

Zur Ausführung der eigentlichen Reinzucht verfährt man in der Weise, dass man von der im Impfstrich auf Agar oder Gelatine entstandenen Bakterienmasse mit Hilfe der Platinöse einen Teil von der Oberfläche herausnimmt, in etwas Nährflüssigkeit einträgt und in dieser die Bakterienmasse durch kräftiges Umschütteln oder durch Zerreiben zerteilt. Sodann wird wie gewöhnlich die Platte gegossen und von dieser werden durch Ausstechen einzelne Pilzkolonien gewonnen und weiter behandelt; bei Verwendung von Agar im Brutschrank.

Bei dem Züchten und Isolieren der Essigpilze bedient man sich zweckmässig solcher fester Nährmedien, die mehr oder minder erhebliche Mengen (2 bis 4 pCt.) von Alkohol enthalten, wenn man starke Säurebildner isolieren will. Handelt es sich um die Reinzucht von Essigpilzen, die nur wenig Säure bilden, so muss alkoholfreie oder schwach alkoholhaltige Gelatine bzw. Agar (bis $^1/_2$ pCt.) benutzt werden. Wie weit der Alkoholgehalt in dem zu verwendenden Agar und der Gelatine gesteigert werden kann, müssen weitere Versuche ergeben. Jedenfalls liegt es auf der Hand, dass eine bei hohem Alkohol- und desgleichen Säuregehalt des festen Kulturmediums ausgewachsene Essigbakterie schwache Säurebildner und andere Organismen bei ihrer Entwicklung unterdrücken muss, da die Kulturbedingungen für die letzteren mit steigendem Alkoholgehalt ungünstiger werden.

Bei dem vorstehend beschriebenen Verfahren werden die Be-

dingungen der natürlichen Reinzucht sowohl bei dem ersten Anwachsenlassen der Pilze auf der Kulturflüssigkeit wie auf den festen Nährböden innegehalten.

Ist es gelungen, die Reinzucht einer Essigbakterie zu erhalten, so wird dieselbe auf Gelatine oder Agar, die sich in einem Fläschchen befinden, in der Weise übertragen, dass man eine gut ausgewachsene Kolonie mit einer Platindrahtöse, in der sich steriler Wein oder dergleichen Bier befindet, aufnimmt und hiermit über die Oberfläche der Gelatine einen von unten nach oben verlaufenden Strich ausführt. Die Bakterie entwickelt sich dann nach einiger Zeit zunächst zu einer linienförmigen Masse, um später in die Breite und etwas in die Höhe zu wachsen.

Um die Bakterien frisch zu erhalten, müssen sie von Zeit zu Zeit auf neue Gelatine bzw. Agar übertragen werden. —

Die Verwendung von Reinzucht-Essigbakterien.

Bei dem Anstellen von Gärversuchen mit Reinzucht-Essigpilzen bemerkt man, dass dieselben, wenn sie längere Zeit auf Gelatine fortgezüchtet worden waren, in alkoholischen Flüssigkeiten häufig nur schwierig angehen, und zwar um so langsamer, je höher der Alkoholgehalt der Flüssigkeiten ist. Dementsprechend ist auch zunächst die Versäuerung derselben eine langsame.

Orleansverfahren.

Sollen auf Gelatine gewachsene Reinzuchtkulturen zum Vergären von Wein- oder Biermaischen usw. nach dem Orleansverfahren verwendet werden, so tut man gut, die Bakterie von der Gelatine zunächst auf eine Flüssigkeit zu übertragen, die sowohl verhältnismässig wenig Alkohol als auch wenig Säure enthält.

Auch die Benutzung von alkoholhaltiger Gelatine vor der Übertragung von dem alkoholfreien Nährboden auf Flüssigkeiten hat sich als zweckmässig erwiesen.

Je nach der Art des anzuwendenden Essigpilzes und der Dauer der Fortzüchtung auf Gelatine stellt man den Alkoholgehalt des Weines oder Bieres auf 3—5 pCt. ein. Bei hohen Säurebildnern kann man auch, namentlich wenn die Bakterie noch nicht allzu lange auf Gelatine weitergezüchtet worden war, den Alkoholgehalt noch höher nehmen. Bisweilen hemmt aber auch schon — namentlich bei schwachen Säurebildnern — sogar ein Alkoholgehalt von 3 pCt. die Entwicklung der Pilze. Man muss in diesem Falle den Alkoholgehalt also noch niedriger nehmen.

Der Säuregehalt der Maische, auf welche die Essigbakterie von der

Gelatine zuerst übertragen werden soll, muss gleichfalls meist ein geringer sein; etwa 0,2—0,4 pCt.

Erst nach und nach wird sowohl der Alkoholgehalt wie auch die Säure der Maischen verstärkt. Letztere bis auf 1 pCt; bisweilen kann auch mit dem Säuregehalt noch höher gegangen werden.

Ein Wein von 7—8,5 pCt. Alkoholgehalt, wie ihn die uns meist zur Verfügung stehenden Weine zeigen, eignet sich also in der Regel nicht zur direkten Versäuerung durch Essigpilze, die auf Gelatine fortgezüchtet worden waren. Diese müssen vielmehr meist erst wieder langsam an einen höheren Alkoholgehalt gewöhnt werden.

Auch die Art des Weines ist von Einfluss auf die Entwicklung der Essigpilze. In einem, viel fixe Säuren enthaltenden Weine gehen die Essigpilze langsamer an als in einem solchen, der wenig Weinsäure usw. enthält. Ein Wein, der verhältnismässig viel und geeignete Nährstoffe enthält, fördert das Wachstum und die Säurebildung mehr als eine an Nährstoffen arme Kulturflüssigkeit.

Wollen sich die Bakterien in einem Wein oder Bier nicht gut entwickeln, so setzt man etwas Hefewasser — 1 Teil Hefewasser auf 5 bis 20 Teile Wein oder Bier usw. — hinzu.

Der zum Fortzüchten der Bakterien zu verwendende Wein oder das Bier usw. muss natürlich sterilisiert bzw. pasteurisiert werden. Das Fortzüchten selbst geschieht in kleinen Kölbchen (Abb. 33), die bis etwa $^1/_4$ ihrer Höhe mit der Kulturflüssigkeit gefüllt und nach dem Beimpfen in den Thermostaten gestellt werden.

Das Überimpfen von der Gelatine auf Flüssigkeit und von dieser auf neue Wein- bzw. Biermaische wird mit Hilfe eines zur Öse umgebogenen Platindrahtes bewirkt, der ausgeglüht, vor dem Impfen aber erkaltet war.

Hat man die Bakterie an den Alkohol- und Säuregehalt der zu verarbeitenden Weinmaische gewöhnt, so züchtet man sich eine grössere Menge der Essigpilze entweder in mehreren grossen Kolben (siehe Abb. 33) oder in Doppelschalen, ähnlich den Petrischälchen, aber höher und von grösserem Durchmesser, und giesst den Inhalt der Zuchtgefässe 2—3 Tage nach dem Entstehen einer guten Haut in eine Kufe oder ein Oxhoft, deren Inhalt pasteurisiert worden war. Hat sich in der Kufe oder dem Fass eine gute Entwicklung der Essigpilze eingestellt, so wird die Bakterie auf die übrigen Gefässe wie üblich, zusammen mit dem Anstellessig, übertragen. Vor allen Dingen muss aber für eine hohe Temperatur (22—26° C. = 18—21° R., eventuell noch höher) bei der Angärung gesorgt werden.

Soll bei der Fabrikation ein neuer Wein Verwendung finden, so beginnt man hiermit nicht plötzlich, sondern verschneidet den neuen Wein mit dem alten, und zwar in der Weise, dass man zunächst von

dem ersteren $^1/_3$ und von dem anderen $^2/_3$, dann halb und halb und darauf $^2/_3$ neuen Wein und $^1/_3$ alten nimmt, um schliesslich ganz zu dem neuen Wein überzugehen.

Schnellessigverfahren.

In den Schnellessigbetrieb wurde die Reinkultur von Essigpilzen zuerst von Rothenbach eingeführt. Es wurde in der Weise vorgegangen, dass ein Schnellessigbildner von 2,25 *m* Höhe ausgedämpft, mit der Reinzucht einer Essigbakterie geimpft und mit sterilen Maischen beschickt wurde.

Die zur Verwendung gekommene Essigbakterie stammte aus einer Weinessigfabrik, in der sie einen Essig von 7—8 pCt. Säure gebildet hatte. Von Henneberg isoliert, wurde sie von diesem als bacterium ascendens bezeichnet.

Der Pilz hatte durch längeres Fortpflanzen auf Gelatine von seinem Säuerungsvermögen eingebüsst; dementsprechend wurde mit ihm, bevor er in den Essigbildner ausgesät wurde, eine Vorgewöhnung an alkoholische Flüssigkeiten vorgenommen.

Der ausgedämpfte Bildner wurde zuerst mit einer Maische beschickt, die aus verdünntem Bier und etwas Essig bestand. Nach und nach wurde aber der Alkoholgehalt der Maische auf 10 pCt. und der Säuregehalt auf 2—3 pCt. gesteigert. Gleichzeitig kamen teilweise an Stelle der organischen Nährstoffe des Bieres allmählich die anorganischen Phosphate des Ammoniaks und Kalis neben Stärkesirup zur Verwendung.

Bei einer Säureproduktion von 9,4 pCt. wurde noch die Bakterie in dem Bildner deutlich nachgewiesen. Sie bildete auf ruhenden Maischen die charakteristischen, an den Wandungen des Kulturgefässes hochkletternden Häute.

Henneberg hat neuerdings einen sterilisierten Schnellessigbildner mit einer aus der Schnellessigfabrik selbst stammenden Bakterie geimpft. Durch Rothenbach und Henneberg wurden, nachdem ein Bildner mit der Hennebergschen Bakterie längere Zeit gearbeitet hatte, die Reinzuchtpilze in sämtliche neun Apparate der Versuchsessigfabrik eingeimpft.

Eine längere Akklimatisierung ist in diesem Falle naturgemäss nicht nötig. Indessen werden aber auch in diesem Falle die Bakterien in einem, den Schnellessigbildnern nachgebildeten, kleinen Laboratoriumsapparate vorgewöhnt oder die Akklimatisierung wird in dem eigentlichen Schnellessigbildner durchgeführt.

Ob die Schnellessigbakterien, wenn sie längere Zeit auf Gelatine fortgezüchtet werden, annähernd ihr hohes Säuerungsvermögen behalten werden, muss die Zukunft lehren. —

Will man mit auf Gelatine gewachsenen Essigpilzen, die ihr Säuerungsvermögen durch kürzeres oder längeres Fortzüchten auf festen Nährböden teilweise verloren haben, Schnellessigbildner einsäuern, so verfährt man zunächst wie beim Orleansverfahren; man stellt aber — falls die Essigpilze dieses vertragen — den Alkohol- und auch den Säuregehalt der ersten Maischen gleich etwas höher ein.

Auch verwendet man an Stelle von reinen Bier- bzw. Weinmaischen ein Gemisch dieser Flüssigkeiten mit Essig, Alkohol (falls ein Zusatz davon erforderlich sein sollte) und Wasser, dem man aber Nährsalze zugesetzt hat, und zwar nimmt man auf 100 *l* Wasser (Alkohol) + Essig 40 *g* einer Nährsalzmischung, bestehend aus:

24 *g*	saurem	Ammonphosphat
12 „	„	Kaliphosphat
4 „	„	Natronphosphat
Summa 40 *g*		

Die ersten Maischen werden in der Weise zusammengesetzt, dass man 2 Teile Wein oder Bier mit 1 Teil oder mit 2 Teilen künstlicher Nährlösung mischt. Später verwendet man nur 1 Teil Wein bzw. Bier und 2 Teile künstlicher Nährsalzmischung. Entsprechend dem Wasserzusatz und dem Abzug von Wein muss aber der Alkoholgehalt der Mischungen ergänzt werden.

Wollen die Essigpilze in diesen Mischungen nicht gut angehen, so setzt man etwas Hefewasser hinzu.

Selbstverständlich dürfen nur solche Essigpilze Verwendung finden, die sich überhaupt an Nährsalze gewöhnen lassen.

Bei aus Schnellessigbildnern stammenden, hochprozentigen Essig machenden Bakterien, können sogleich Maischen verwendet werden, die den Schnellessigmaischen in Alkohol-, Säure- und Extraktgehalt nahekommen. Ein Zusatz — allerdings ein geringerer, als vorstehend angegeben wurde — von organischen Nährstoffen, wie Wein, Bier, Malzwürze usw. ist aber auch hier zuerst nötig.

Vertragen die Essigpilze einen Alkohol- und Säuregehalt der Maische von zusammen etwa 7—10 pCt. und bilden sie einen Essig von 6 - 9 pCt. Säure, so züchtet man sich in geräumigen Kolben oder in grösseren Doppelschalen ein grösseres Quantum der Bakterien, giesst diese wenige Tagen nach Beginn der Hautbildung zusammen mit der Zuchtflüssigkeit in einen kleinen, aus einem Oxhoft hergestellten, sterilisierten Schnellessigbildner hinein und säuert diesen unter öfterer Zugabe von frischen Essigpilzen wie gewöhnlich ein.

Von diesem kleinen Essigbildner werden die Bakterien, nachdem sie gut arbeiten, auf die ausgedämpften grossen Apparate übertragen.

Die weitere Akklimatisierung kann auch anstatt in einem Oxhoft

in einem Apparate[1]) vorgenommen werden, der eine Batterie von Essigbildnern im kleinen darstellt.

Dieser Apparat, welcher nach den Angaben des Verfassers angefertigt wurde, besteht aus einem in der äusseren Form dem Kochschen Dampftopf ähnlichen Thermostaten, durch dessen Boden und Decke mehrere mit Buchenholzspänen und Holzwolle befüllte Glasröhren hindurchgehen, welche die einzelnen Essigbildner darstellen.

Der Apparat besitzt eine Höhe von 96 *cm* und einen Durchmesser von 26 *cm*.

Vor dem Beimpfen der Späne muss natürlich der ganze Apparat nebst Zuleitungen durch Ausdämpfen sterilisiert werden.

Hat man zum Einsäuern Essig zur Verfügung, der von Reinzuchtapparaten stammt, so kann man sich den vorher beschriebenen Umweg sparen und die Bildner, nachdem sie sterilisiert worden sind, direkt mit dem Reinzuchtessig einsäuern.

Das Ausdämpfen von Schnellessigbildnern.

Nachdem sämtliche Löcher und Fugen der Bildner mit Ausnahme der durch den Deckel etwa hindurchgehenden Abzugsröhren mit Korken, Werg oder Watte verstopft worden sind, wird die Klappe für die Maischegüsse lose aufgelegt.

Handelt es sich um das Ausdämpfen von mit automatischer Aufgussvorrichtung versehenen Bildnern, so wird zunächst das Maischezuführungsrohr entfernt, damit das Loch, durch welches das Rohr hindurchgeführt ist, mit einem Wattestopfen verschlossen werden kann.

Abb. 44. Luftfilter.

Nunmehr wird Dampf so lange in den unteren Teil des Bildners hineingeleitet, bis derselbe oben aus den Abzugsröhren und bei der Klappe stark herausströmt. Nachdem der Apparat 10—15 Minuten unter Dampf gestanden hat, wird die Dampfzufuhr vermindert und die Öffnungen der im Deckel befindlichen Abzugsröhren mit Watte verschlossen. Die Klappe für das Gussloch wird gut eingepasst und mit Watte oder Werg ausgefugt.

Hierauf wird die Dampfzufuhr gänzlich unterbrochen. Gleichzeitig aber oder noch besser kurz zuvor werden die Korke aus den Luftlöchern entfernt. Die Löcher müssen jedoch sogleich mit einem sterilen Wattefilter verschlossen werden.

Nach dem Erkalten des Bildners wird derselbe mit sterilem Wasser wiederholt ausgespült und nach zwei Tagen das Ausdämpfen wiederholt.

---

1) Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 1.

Die Luftfilter, mit denen die Löcher des Bildners gegen Ende des Dämpfprozesses verschlossen werden, bestehen aus etwa 15 *cm* langen Glasröhren, welche, wie aus der Abbildung 44 ersichtlich ist, an beiden Enden Ausbuchtungen besitzen, die oben und unten verjüngt sind; an dem einen Ende aber stärker. Mit dem dünneren Ende wird das Luftfilter mit Hilfe eines durchlochten Korkstopfens oder eines Gummiringes in das betreffende Loch des Bildners eingesetzt.

Das Luftfilter ist mit Watte, die ziemlich fest eingestopft werden muss, angefüllt und besitzt an beiden Enden je einen Wattestopfen, die vor dem Gebrauch des Luftfilters entfernt werden.

Nach dem Stopfen des Wattefilters wird dasselbe im Trockenschrank sterilisiert; in diesem Zustande ist es erst gebrauchsfertig.

Abbildung 44 zeigt uns ein solches Luftfilter.

Abschnitt III. Die Enzyme.

Bevor auf die einzelnen Arten oder die verschiedenen Gruppen von Pilzen, welche bei der Essigfabrikation eine Rolle spielen, näher eingegangen wird, soll noch einer allgemeinen Eigenschaft der Pilze gedacht werden.

Wir werden bei der Beschreibung der einzelnen Arten der Pilze sehen, dass dieselben chemische Arbeit zu leisten vermögen; sie spalten einerseits chemische Verbindungen und sie bauen andererseits solche auf, indem sie Stoffe an chemische Verbindungen anlagern. Die hierbei auftretenden Erscheinungen bezeichnet man als Gärungsvorgänge.

Diese Gärungsvorgänge werden durch die Tätigkeit von Enzymen veranlasst, welche die Pilze im Innern ihrer Zellen bilden. Die Enzyme spielen also bei den Gärungen die Hauptrolle, denn sie sind es, welche die chemischen Umsetzungen, die sich uns in den Gärungserscheinungen offenbaren, auslösen und durchführen.

Diese Enzyme lassen sich auch von der lebenden Pflanzenzelle loslösen, ohne dadurch ihre Reaktionsfähigkeit völlig zu verlieren. Längst bekannt ist die Diastase, mit Hilfe welcher es gelingt, ohne dass die Zellen des Malzkornes zugegen sein brauchen, grosse Mengen von Stärke in Zucker überzuführen. Die Zymase des Hefepresssaftes versetzt zuckerhaltige Lösungen in alkoholische Gärung und die Oxydase der Essigpilze ist imstande, schwach alkoholische Flüssigkeiten in Essig umzuwandeln.

Zwar ist uns auch die mehr oder minder genaue chemische Zusammensetzung von einigen der von der lebenden Zelle losgelösten Enzyme bekannt; über ihre Konstitution, sowie über den Grund für

ihre Reaktionsfähigkeit wissen wir indessen nichts. Wir wissen nur, dass sie sich insofern anders verhalten, wie die gewöhnlichen chemischen Verbindungen, als sehr geringe Mengen der Enzyme Umsetzungen auszuführen vermögen, die sonst lediglich der Tätigkeit der lebenden Zelle zufallen. Eine grosse Anzahl bedeutender Forscher hat aber immerhin soviel Licht in dieses bis vor kurzem gänzlich unerforschte Kapitel der Lebenserscheinungen im Pflanzen- und Tierreich gebracht, dass man nicht nur die Wirkungen der einzelnen Enzyme kennt, sondern sie auch systematisch zu gruppieren imstande ist.

Fermente.

Die Enzyme wurden in früheren Jahren auch mit dem Namen „Fermente" bezeichnet; wegen der unbestimmten Begriffe, die mit diesem Ausdruck verknüpft waren, sollte er aber in Zukunft verschwinden.

Da nun das Wort „Ferment" in der Praxis der Gärungsessigfabrikation häufig völlig falsch angewendet wird, muss dieser Punkt doch zunächst noch einmal gestreift werden.

Das Bier, der Wein, der Malzauszug, die Nährsalze usw., überhaupt alle Mittel, die der Essigmaische zwecks Erzielung einer guten Gärung zugesetzt werden, nennt nämlich der Essigfabrikant der alten Schule „Fermente".

Ist diese Bezeichnung nun richtig?

Nein, denn die angeführten Stoffe sind Nähr- bzw. Anregungsmittel für die Essigbakterien. Unter Fermenten dagegen versteht man sowohl in der Wissenschaft, welcher dieser Ausdruck entlehnt ist, als auch in der übrigen Gärungspraxis keine Nährstoffe, sondern solche organische bzw. organisierte Verbindungen, denen Kräfte eigen sind, die den gewöhnlichen chemischen Verbindungen nicht zukommen. Die Fermente oder richtiger die Enzyme sind imstande, mit Hilfe dieser Kräfte Umsetzungen zu vollziehen, wie sie sonst nur die lebende Pflanzen- oder Tierzelle selbst ausführen kann.

Man unterschied geformte und ungeformte Fermente. Zu den ersteren sind die, Gärungen und andere chemische Reaktionen vermittelnden Organismen, wie Hefen, Bakterien usw. zu rechnen; es sind also Lebewesen.

Die ungeformten Fermente hingegen sind keine lebenden Organismen, sondern Stoffe, welche von der lebenden Zelle isoliert werden können und trotzdem dieselben Eigenschaften wie Lebewesen besitzen.

Als Fermente können also nicht die Stoffe bezeichnet werden, welche, wie Wein, Bier, Nährsalze usw. den Organismen zum Aufbau der Zellen und zur Anregung bzw. Erhaltung ihrer Lebenstätigkeit dienen.

Das Ferment bei der Essiggärung ist der Essigpilz selbst bzw.

die in ihm wirksame Oxydase und nicht seine Nährquellen. Diese sind einfach mit dem deutschen Wort Nährstoffe zu bezeichnen. Indessen kommt diesen Nährstoffen ein hoher Einfluss auf die Enzyme der Essigbakterien insofern zu, als die letzteren durch Nährsalze usw. zu gesteigerter Gärtätigkeit angespornt werden. Aus diesem Grunde schlug Delbrück[1]) vor, die Nährsalze Enzymbildner zu nennen.

Die ungeformten Fermente bezeichnet man neuerdings allgemein mit dem Namen Enzyme, welche Bezeichnung auch im folgenden beibehalten werden soll. Diese

Enzyme

spielen eine äusserst wichtige Rolle im Pflanzen- und Tierleben.

Die Einwirkung des Speichels und des Magensaftes auf die genossenen Speisen bei Menschen und Tieren, sowie die Verwandlung von Stärke in verdauliche Substanzen bei den Pflanzen beruht auf der Tätigkeit dieser Enzyme.

Wir kennen Enzyme, welche unlösliche eiweissartige Verbindungen in lösliche, leicht verdauliche Peptone und Amide überführen, desgleichen ist uns ein Enzym bekannt, welches die unlösliche, verhältnismässig schwer zersetzbare Stärke der Gerste bzw. des Malzes und der Kartoffel usw. in löslichen und durch Hefe vergärbaren Zucker verwandelt; die Diastase des Malzes.

Versetzt man z. B. einen dicken Stärkekleister mit zerkleinertem Malz, welches stets diese Diastase enthält, so wird er bald dünnflüssig. Nach einiger Zeit ist, wenn die richtigen Temperaturen innegehalten werden, mit Hilfe der Jodreaktion keine Stärke mehr nachweisbar. Dieselbe ist verschwunden, und es hat sich aus dem dicken, festen Kleister eine dünne Zuckerlösung gebildet. Das Vorhandensein von Zucker lässt sich leicht durch einen Gärversuch, wie auch durch chemische Reaktionen (Reduktion von Fehlingscher Lösung und Phenylhydrazinprobe) nachweisen.

Die Diastase hat durch Anlagerung von Wasser, durch Hydrolisierung, die hochmolekulare Stärke zu weniger kompliziert zusammengesetzten Zucker abgebaut.

Ähnlich wie die Diastase wirken auch die Eiweiss spaltenden Enzyme und andere. So ist beispielsweise das in den bitteren Mandeln enthaltene Emulsin imstande, selbst in sehr geringer Quantität grosse Mengen von Amygdalin, welches gleichfalls in den bitteren Mandeln vorkommt, in Dextrose, Blausäure und Bittermandelöl zu zersetzen. Durch die enzymatische Wirkung des Emulsins wird das Glykosid

---

1) Deutsche Essigindustrie 1903 Nr. 30.

(Verbindung der Dextrose) der bitteren Mandeln in seine Bestandteile gespalten.

Ganz analog verhält sich das in dem Senfsamen vorhandene Myrosin. Es zerlegt das myronsaure Kali unter Abspaltung von ätherischem Senföl.

Eine Einteilung der Enzyme, die durch neuere Untersuchungen indess sehr erweiterungsfähig ist, gab schon vor einigen Jahren der französische Forscher Bourquelot in der sehr interessanten Schrift „Les ferments solubles".

Er unterschied folgende Gruppen:

1. Die Enzyme, die Kohlehydrate angreifen.
   Diese Gruppe kann wahrscheinlich in zwei Untergruppen zerlegt werden, je nachdem die Kohlehydrate Saccharosen sind, d. h. Kohlehydrate von der Zusammensetzung des Rohrzuckers, oder Kohlehydrate von komplexerer Zusammensetzung, z. B. Stärke, Cellulose, Glykogen, Inulin, Pektinsubstanzen. Unter die erste Untergruppe entfallen: Invertase, Trehalase, Maltase und Laktase; unter die zweite Diastase, Inulase, Pektase und Cytase.
2. Die Enzyme, welche die Glukoside zersetzen, nämlich Emulsin, Myrosin, Rhamnase und Erythrozym.
3. Die eiweissspaltenden Enzyme, als Pepsin, Trypsin, Papaïn, Labferment und Plasmase.
4. Die harnzersetzenden Enzyme — Urease.
5. Die Enzyme, die Fettsubstanzen verseifen — Lipase.
6. Die pathogenen Enzyme.

Alle die vorgenannten Enzyme spalten voraussichtlich die Substanzen, auf welche sie einwirken, unter Wasserbindung und unterscheiden sich dadurch wesentlich von einem von Bertram im Baumsaft gefundenen Enzym, der Lakkase, die nur eine oxydierende Wirkung ausübt. Auch die Tyrosinase, welche im .Zuckerrübensaft vorkommt, ist eine Oxydase. Durch dieselbe wird das Tyrosin des Rübensaftes zunächst in eine rötliche und später schwarze Verbindung umgewandelt.

Auch bei der Essiggärung sind solche Oxydasen, d. h. oxydierend wirkende Enzyme, und zwar in hervorragendem Masse beteiligt. —

Im Gegensatz zu den Organismen selbst widerstehen die meisten Enzyme der Einwirkung vieler Stoffe, wie arsenige Säure, Carbolsäure, Borsäure, Chloroform, Aceton usw., falls diese Stoffe nicht zu lange einwirken.

Eine starke Temperaturerhöhung wirkt indessen auf die Enzyme bald zerstörend. Je nach dem Mittel, in dem die Erwärmung stattfindet (Wasser, verdünnter Äthylalkohol, Äther, Chloroform, Amylalkohol),

ist die Zerstörungstemperatur eine verschiedene; doch liegt dieselbe zumeist zwischen 80—100° Cels.

Etwas abweichend verhält sich die von Buchner aus Hefe gewonnene Zymase. Sie wird in wässriger Lösung schon bei Temperaturen von etwa 50° C. unwirksam.

Beim Erhitzen für sich vertragen einige Enzyme auch Temperaturen über 100° C., beispielsweise wird Trypsin erst bei 160° C. völlig unwirksam. Ein schädlicher Einfluss des Sonnenlichtes auf die Wirksamkeit der Enzyme ist unter anderem bei Pepsin und Trypsin von Fermi und Pernossi, bei Malzdiastase von Green konstatiert worden, nach welch letzterem hierbei hauptsächlich die violetten Strahlen in Frage kommen. Green hat auch darauf hingewiesen, dass der im Malz enthaltene Farbstoff die Diastase vor der zerstörenden Wirkung der Lichtstrahlen schützt.

Durch die Einwirkung von gewissen Reagentien werden einzelne Enzyme, namentlich Trypsin, bei 48stündigem Stehenlassen bereits zerstört. Schwefelwasserstoff wirkt dagegen nach Fermi und Pernossi nicht ein auf Diastase, Pepsin, Ptyalin und Emulsin. Nach denselben Autoren verlieren Enzymlösungen beim Filtrieren durch Porzellanfilter an Wirksamkeit; durch wiederholte Filtration sollen selbst sämtliche Enzyme zurückgehalten werden können.

Allgemein gültige und charakteristische chemische Reaktionen für alle Enzyme sind bisher nicht aufgefunden worden und dürften, je grösser die Zahl dieser, auch in ihrer Wirkungsweise prinzipielle Unterschiede aufweisenden Körper wird, um so weniger gefunden werden können.

Was die Wirkung der Enzyme anbelangt, so ist bereits vorstehend erwähnt worden, dass dieselben selbst in sehr kleinen Quantitäten relativ bedeutende Mengen anderer Stoffe umzusetzen imstande sind. An Versuchen, diese Äusserungen der Enzyme, welche im Gebiete der Chemie als Kontaktwirkungen bezeichnet werden, zu erklären, hat es nicht gefehlt. Bunsen war der Meinung, dass die sogenannte „Kontaktsubstanz“ auf bestimmte Atome bzw. Atomkomplexe des influierten Moleküls eine stärkere Attraktion ausübe, als auf den übrigen Teil des Moleküls. Hierdurch werde in Verbindung mit Wärmeerregung die Zersetzung des Moleküls und so eine chemische Umlagerung bewirkt, bei der indessen die „Kontaktsubstanz“ selbst nicht beteiligt ist.

Es handelt sich bei der Bunsenschen Theorie allerdings nur um reine Spekulation, ähnlich wie bei der Ansicht von Nägeli.

Nach diesem Gelehrten soll die Kontaktsubstanz hauptsächlich infolge von Bewegungszuständen ihrer Atome und Moleküle aktiv werden.

Da die meisten Enzyme hydrolisierend, d. h. Wasser anlagernd wirken, hat man neuerdings den Enzymen eine ionisierende Wirkung

zugeschrieben, wobei das Molekül des zu hydrolisierenden Stoffes in elektrisch verschiedenartig geladene Gruppen gespalten wird. Diese Ansicht gründet sich auf die moderne Lösungstheorie der physikalischen Chemie. Hiermit stimmen die Untersuchungen von Nasse überein. Derselbe fand bei Widerstandsbestimmungen (nach Kohlrausch), die mit Stärkelösung einmal unter Zusatz von gekochter, also unwirksam gemachter, ein ander mal mit ungekochter Diastase ausgeführt wurden, dass eine erhebliche Zunahme der Leitungsfähigkeit in der wirksamen Diastaselösung gegenüber der gekochten besteht.

Erwähnt sei noch die Arthussche Ansicht, nach welcher die Enzyme überhaupt keine Stoffe, sondern lediglich Eigenschaften sind. Nach Ansicht von Arthus steht dieser Annahme selbst nicht die Fällbarkeit der Enzyme durch Alkohol, ihre Löslichkeit in Wasser, ihre Zerstörbarkeit durch Erhitzen usw. entgegen, da ja ähnliche Verhältnisse schon längst für Elektrizität, Magnetismus und Wärme bekannt seien.

Von neueren, das Gebiet der Gärungschemie berührenden Forschungen über enzymatische Stoffe sind in erster Linie diejenigen von E. Fischer und E. Buchner zu nennen.

Die Versuche Fischers führten zu dem Schlusse, dass ein enger Zusammenhang zwischen Vergärbarkeit eines Zuckers und der Konfiguration desselben besteht; mit anderen Worten: Die chemisch wirkenden Bestandteile der Hefe können nur diejenigen Zucker angreifen, die eine analoge Struktur haben. Diese Ansicht bietet eine Erklärung für die Tatsache, dass einige Zucker durch gewisse Hefenarten vergärbar sind, während andere Zuckerarten durch die nämlichen Hefen nicht, aber durch andere angegriffen werden.

Buchner ist es gelungen, das den Zucker in Kohlensäure und Alkohol spaltende, also Gärung erregende Enzym der Hefe von der lebenden Zelle zu isolieren und damit Gärungserscheinungen hervorzurufen. Er hat dieses Enzym „Zymase“ genannt.

Die Zymase bildet unter der grossen Anzahl der Enzyme eine Gruppe für sich; andere ähnlich wirkende Stoffe sind noch nicht bekannt geworden.

Die Zymase ist imstande, Zuckerarten in Alkohol und Kohlensäure zu spalten; sie vollführt also dieselbe Reaktion, die sonst nur die lebenden Hefepilze fertig bringen.

Aus mehreren, in den letzten Jahren von Buchner und Albert veröffentlichten und von Delbrück und Lange bestätigten Arbeiten geht hervor, dass die alkoholische Gärung nicht, wie man früher allgemein anzunehmen gewohnt war, ausschliesslich an die Lebensfunktionen der Hefezellen gebunden ist, sondern durch die chemische Wirksamkeit eines in der Hefe enthaltenen Enzymes hervorgerufen wird.

Beim Zerreiben von Brauereihefe mit Quarzsand und Wasser und

nachherigem Auspressen unter hohem Druck gewinnt man nach Buchner eine Flüssigkeit, welche in einer Zuckerlösung schon nach kurzer Zeit eine Entwicklung von Kohlensäure bewirkt. Diese Gärung dauert mehrere Tage lang an.

Dextrose, Lävulose, Maltose und Rohrzucker unterliegen dieser Einwirkung, dahingegen werden Laktose und Mannit nicht zersetzt.

Ein Zusatz von Chloroform zum Pressaft verhindert die Gärung nicht. Indessen wirken Temperaturen von 40—50° C. schon zerstörend auf die Zymase ein. Es scheidet sich dabei eine flockige Trübung aus, ähnlich dem geronnenen Eiweiss und weder die Flocken, noch die davon abfiltrierte Flüssigkeit ist imstande eine Zuckerlösung zu zersetzen.

Die Filtration durch ein Berkefeld-Kieselguhrfilter schwächt die zymatische Kraft des Presssaftes, hebt sie aber nicht gänzlich auf.

Bei der durch Hefezellen verursachten Gärung diffundiert jedenfalls die Zymase durch die Zellmembran in die Zuckerlösung und bewirkt darin die Spaltung des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure. Die Zymase dürfte dem lebenden Protoplasma näherstehen als irgend ein anderes der bisher gekannten Enzyme.

Buchner war es auch, der den Nachweis führte, dass sowohl die Essiggärung, wie die Milchsäurebildung auf der Tätigkeit von Enzymen beruht.

In Gemeinschaft mit Meisenheimer führte Buchner Essig- und Milchsäurebakterien nach der von Albert zur Herstellung von Hefedauerpräparaten angewandten Acetonmethode in die abgetötete Dauerform über und wies durch Einwirkung der erhaltenen Bakterienmassen auf alkoholische bzw. zuckerhaltige Flüssigkeiten das Vorhandensein von oxydierend wirkenden Enzymen in denselben nach. Von Rothenbach und Eberlein wurden die Versuche Buchners bezüglich der Essigoxydase bestätigt.

Mohr teilt die für die Gärungsgewerbe in Betracht kommenden Enzyme nach ihren spezifischen Wirkungen folgendermassen ein[1]):

I. **Kohlehydratenzyme,** d. h. Enzyme, deren Wirkung in der Spaltung höher molekularer Kohlehydrate in niedere besteht, ein Vorgang, den man bekanntlich auch mit dem Namen Inversion bezeichnet.

Von diesen Enzymen, die für die Vorgänge sowohl bei der Spiritusfabrikation wie bei der Bierbrauerei von allergrösster Bedeutung sind, sind besonders zu erwähnen:

a) Die Diastase; dieselbe beschränkt ihre abbauende Tätigkeit auf das Stärkemehl, die Produkte ihrer Wirkung sind Maltose und Dextrin.

---

1) Maercker-Delbrück, Handbuch der Spiritusfabrikation, VIII. Auflage.

b) Die Maltase; diese spaltet die Maltose in eine einfachere Zuckerart, die Dextrose. Mit dem Namen Glukase bezeichnet man ein verwandtes Enzym, das imstande ist, Stärke in Dextrose zu spalten.

c) Die Invertase oder Invertin; sie wirkt auf den Rohrzucker (Saccharose), welcher durch ihren Angriff in Invertzucker, ein Gemisch von Dextrose und Lävulose verwandelt wird.

II. Proteolytische Enzyme, d. h. Enzyme, die imstande sind, Eiweissstoffe abzubauen. Die Spaltung kann sehr verschieden weit gehen; nach den Endprodukten der Spaltung unterscheidet man:

1. Peptische Enzyme; sie bauen das Eiweiss nur bis zu Peptonen ab. Für die Spiritusfabrikation sind sie belanglos.
2. Tryptische Enzyme; die Endprodukte der tryptischen Spaltung sind Amide; für unsere Zwecke kommen zwei solcher Enzyme in Betracht:
   a) Die Peptase des Malzes und
   b) das Hefenendotrypsin.

III. Zymase. Dieses Enzym bildet gewissermassen eine Gruppe für sich, es besitzt die bemerkenswerte Fähigkeit, Zucker in Alkohol und Kohlensäure zu spalten.

IV. Oxydasen, d. h. Enzyme, welche Oxydationsvorgänge hervorrufen. Ihre Tätigkeit ist eine viel weniger auffallende, wie die der drei vorgenannten Gruppen; für das Leben in der Zelle, für die Erzeugung der nötigen Lebensenergie durch Verbrennung der Nahrungsmittel sind sie aber jedenfalls von allergrösster Bedeutung.

V. Lipasen. Die Tätigkeit dieser Enzyme besteht in der Spaltung der Fette in Glycerin und Fettsäuren, von besonderer praktischer Bedeutung für die Gärungsgewerbe sind sie nicht; vielleicht ist ihrem Vorhandensein in der Hefe das regelmässige Auftreten von Glycerin unter den Gärungsprodukten zuzuschreiben. —

Infolge der Entdeckung der Oxydasen der Essig- und Milchsäurepilze durch Buchner[1]) ist die obige Ansicht Mohrs bezüglich der Tätigkeit der Oxydasen einzuschränken, beruht doch, wie von Buchner nachgewiesen wurde, die Essig- und die Milchsäuregärung auf der Tätigkeit dieser Enzyme. Näheres siehe auch „Wochenschrift für Brauerei“ 1905, Nr. 48 (Buchner und Gaunt), sowie „Deutsche Essigindustrie“ 1905, Nr. 29 „Zu der Enzymgärung der Essigpilze“ von F. Rothenbach und L. Eberlein, und „Deutsche Essigindustrie“ 1906, Nr. 1.

1) Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft 1903, S. 634. Buchner und Meisenheimer.

Die Kampfenzyme werden nach Ansicht Delbrücks[1]) von den Hefen dann erzeugt, wenn diese schädlichen Einflüssen ausgesetzt sind. Die Hefe sucht sich durch Bildung von Kampfenzymen dieser schädlichen Einwirkungen zu erwehren. Obwohl der direkte Nachweis, dass die Hefe derartige Antikörper bildet, noch nicht gelungen ist, so sprechen doch zahlreiche Erscheinungen dafür, wie z. B. die Erhöhung der Gärtätigkeit der Hefe durch geringe Mengen von Buttersäure, wobei die Hefe in stärkerem Masse schädliche Spaltpilze unterdrückt, als wenn sie lediglich in milchsaurer Maische gezüchtet wird.

F. Hayduck äussert sich in seinem Aufsatze „Über die Bedeutung des Eiweiss im Hefenleben“[2]) hinsichtlich der Kampfenzyme Delbrücks folgendermassen:

„Der Begriff des Kampfenzymes hat sowohl für die Gärungstechnik, wie für die Physiologie, soweit sie sich mit dem Studium der Krankheitserreger beschäftigt, grosse Bedeutung. Nicht nur beim Kampf von Mikroorganismus gegen seinesgleichen, sondern auch beim Angriff des Krankheitserregers auf einen höheren Organismus wird der durch Ausscheidung von Giftstoffen geführte Angriff vom Gegner durch Absonderung von Antikörpern pariert, die ihrerseits wieder Gifte für den Angreifer darstellen. Da nun sowohl die Angriffs- wie die Abwehrgifte Enzyme sind bzw. von Enzymen hervorgebracht werden, ist der Begriff „Kampfenzyme“ einer vielseitigen Anwendung fähig.“

Abschnitt IV. Verschiedene Gruppen von Pilzen, welche bei der Essigfabrikation eine Rolle spielen.

Unter Pilzen versteht man im allgemeinen chlorophyllfreie Pflanzen, welche, abgesehen von einigen Ausnahmen, das allen organisierten Körpern gemeinsame, typische Element, den Kohlenstoff, nicht aus der atmosphärischen Kohlensäure, sondern nur aus bereits vorgebildeten organischen Verbindungen aufzunehmen vermögen.

Die Pilze bilden also nicht, wie die anderen Pflanzen, aus der Kohlensäure und aus Wasser unter Austritt von Sauerstoff organische Stoffe, wie Zucker, Stärke usw., sie bedürfen vielmehr hierzu komplizierter chemischer Verbindungen, die bereits von anderen Organismen synthetisiert worden sind. Sie ernähren sich dementsprechend auf Kosten anderer Pflanzen oder, wo ihnen solche nicht zur Verfügung stehen, von organischen Verbindungen, wie Zucker, Stärke, Essigsäure usw. Die Pilze leben also parasitisch.

---

1) Wochenschrift für Brauerei 1903, S. 269.

2) Wochenschrift für Brauerei 1905.

Die für die Essigfabrikation in Frage kommenden Pilze sind:

1. die Schimmel- oder Fadenpilze,
2. die Spross- oder Hefepilze und
3. die Spaltpilze oder Bakterien.

Während die ersteren meist noch mit dem blossen Auge wahrnehmbar sind, muss man sich, um Hefen und Bakterien als solche, d. h. als Einzelindividuen erkennen zu können, des Mikroskopes bedienen. Zwar treten sowohl die Spross- wie auch die Spaltpilze häufig in solchen Massen auf, dass sie in und auf Flüssigkeiten dichte Bodensätze und Decken bilden; ein Erkennen von einzelnen Zellen dieser Organismen ist aber mit dem blossen Auge nicht möglich.

Bei den höher organisierten Schimmelpilzen kann man dagegen auch ohne Vergrösserungsglas meist die einzelnen Teile einer Pflanze unterscheiden. Die besondere äussere Gestaltung und der innere Bau derselben wird aber auch in diesem Falle erst unter dem Mikroskop sichtbar.

Die Schimmelpilze.

Die Schimmelpilze sind in zahlreichen Arten weit verbreitet. In ihrem mikroskopischen Aussehen nähern sie sich teils den Hefepilzen, teils den höheren Pflanzen.

Als weisser oder farbiger Überzug sind sie in zahlreichen Fällen die Ursache der Zersetzung von Speisen und Getränken; selbst der Essig wird, wenn er sehr schwachprozentig ist, nicht von den Schimmelpilzen verschont.

Leer stehende Fässer und Bottiche bilden eine beliebte Ansiedelungsstätte für diese Organismen. Auch an den Wänden und der Decke von feuchten, schlecht ventilierten Kellern und Lagerräumen kommen die Schimmelpilze vor und können, wenn sie nicht frühzeitig entfernt werden, grosse Zerstörungen anrichten.

Selbst in Schnellessigbildnern wurden sie wiederholt vom Verfasser dieses Buches in grösseren Mengen, die Späne in einer breiten Schicht von oben bis unten durchsetzend, beobachtet. Es handelte sich um Betriebsstörungen, bei denen die Maische sehr schlecht verteilt wurde und der Ablaufessig nur wenige Prozent Säure zeigte.

Die Schimmelpilze machen sich meist schon durch einen dumpfen, modrigen Geruch kenntlich; um ihre Anwesenheit mit Sicherheit festzustellen, greift man aber besser zum Mikroskop.

Die Schimmelpilze stehen im Vergleich zu den Bakterien und Hefen den höheren Pflanzen am nächsten, obwohl auch bei ihnen eine Gliederung in Stamm, Blätter und Wurzeln nicht zu unterscheiden ist; ihr Vegetationskörper besteht aus einem Thallus. Die Fortpflanzung geschieht grösstenteils durch Abschnürung von Sporen auf ungeschlecht-

lichem Wege. Indessen tritt vereinzelt auch geschlechtliche Zeugung ein, und zwar durch Verschmelzung (Kopulation) zweier Zellen zu einer einzigen. Diese keimt dann wie eine gewöhnliche Spore aus und entwickelt wie diese den meist durch Querwände gegliederten Thallus.

An demselben unterscheidet man bei einigen Schimmelpilzen das Vegetationsorgan, Mycel genannt, und die Fortpflanzungsorgane, welche sich als Konidien oder Fruchtträger vom Mycel abzweigen. Andere Arten, beispielsweise der Milchschimmel, Odium lactis, bilden keine Fruchtträger. Das Mycel teilt sich bei ihnen durch Querwände in einzelne, später auseinander fallende Sporen.

Der Konidien- oder Fruchtträger kann die Sporen entweder direkt durch Abschnürung an seinem Scheitel bilden, oder es entstehen besondere Fortsätze von zylindrischer, oben zugespitzter Form (Sterigmen), an die sich die Sporen kettenförmig anreihen.

Mucorarten.

Die Mucorineen vermehren sich, abgesehen von der hier auftretenden geschlechtlichen Fortpflanzung, in der Weise, dass sich das

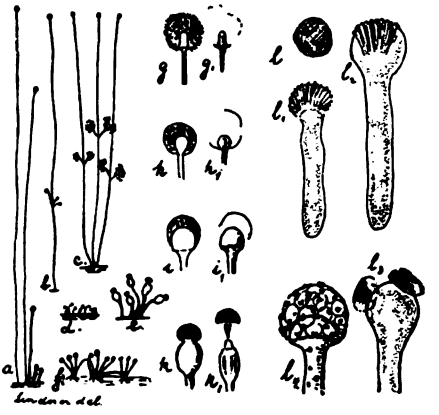


Abb. 45.

Fig. *a—f* sind Mucorarten, in fast natürlicher Grösse gezeichnet. *a* ist der Mucor Mucedo. Fig. *b* und *c* stellen Thamnidiumarten dar mit auf Seitenästen gebildeten Sporangiolen. *d* ist der Mucor racemosus. Fig. *e* zeigt den Bombenwerfer und *f* den Mucor stolonifer. In Fig. *g—k* ist der Bau einiger Sporangien gezeichnet. *l—l*$_3$ zeigen in Keimung begriffene Sporen von Mucorstolonifer bei 600facher Vergrösserung; *l*$_4$ ist ein verkümmertes Sporangium.

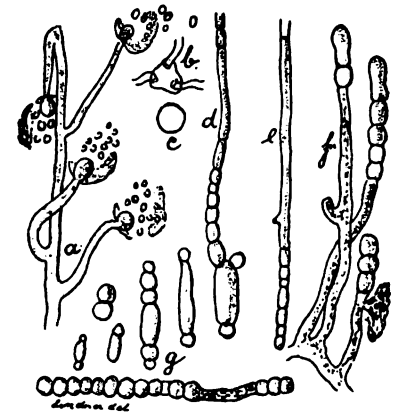


Abb. 46

Die Entwicklung von Mucor racemosus.

Fig. *a* zeigt einen verzweigten Sporangienträger mit bereits gesprengten Sporangien. In Fig. *b* ist eine bei der Keimung stark angeschwollene Spore dargestellt, welche drei Keimschläuche entwickelt hat. Die anderen Abbildungen zeigen hefeähnliche Gemmen (Mucorhefe) in verschiedenen Formen. Vergrösserung bei *b—f* 100fach.

Ende eines Luftmycelfadens durch eine Querwand abgrenzt und zu einem geschlossenen Sporenträger (Sporangium) anschwillt, aus dessen Plasma durch Teilung die Sporen gebildet werden.

Mit fortschreitender Entwicklung wird die Membran des Köpfchens durch die sich ausdehnende Sporenmasse gesprengt, von der jede einzelne Spore ohne weiteres wieder befähigt ist, auszukeimen und neues Mycel zu bilden.

Unter einer Zygospore versteht man bei den Mucorarten die auf geschlechtlichem Wege durch Kopulation gebildete Mutterzelle. Sie ist erheblich grösser als die gewöhnlichen Sporen, keimt aber in gleicher Weise wie diese aus, zunächst ein weitverzweigtes Mycel bildend, von dem sich später die Fruchtträger abzweigen.

Schon wegen ihrer grossen Verbreitung, sowie wegen der Mannigfaltigkeit der Formen sind die Mucorineen einer näheren Betrachtung wert

Sie finden sich auf Körnerfrüchten, altem Brot, auf den Stoffwechselprodukten der von vegetabilischer Nahrung lebenden Tiere und auch anderweitig.

Die Mucorarten entwickeln ein starkes, im Jugendstadium weisses Luftmycel, welches sich später grau oder bräunlich färbt. Einige von ihnen vermögen in Zuckerlösungen eine alkoholische Gärung hervorzurufen. Das untergetauchte Mycel schwillt hierbei kugelförmig an und zerfällt in sogenannte Gemmen, welche sich durch Sprossung wie die Hefen vermehren.

Der verbreitetste Repräsentant dieser Familie ist der

Mucor Mucedo, der gewöhnliche Köpfchenschimmel.

Die vorstehende, von Lindner herrührende Abbildung 45 illustriert verschiedene Mucorarten.

Der Mucor racemosus ist in Abbildung 46 nochmals besonders dargestellt.

Aspergillusarten.

Zu einer weitverbreiteten Gruppe von Schimmelpilzen gehören die Aspergilleen. Sie finden sich häufig auf dem Grünmalz und ähnlichen Nährsubstanzen, welche sie mit einem zunächst weissen, feinen Gewebe überziehen. Im späteren Entwicklungsstadium färbt sich dasselbe infolge der Fruchtbildung grün und schwarzbraun.

Die Konidienträger schwellen beim Aspergillus am Ende kolbenförmig an. Auf diesem Fruchtboden sitzen die divergierend angeordneten Sterigmen, welche ihrerseits die Sporenketten bilden. Die nachfolgende Abbildung 47 zeigt uns einen Repräsentanten der in Rede stehenden Schimmelpilzgruppe.

Gewisse Aspergillusarten haben pathogenen Charakter; sie sind als Krankheitserreger in den menschlichen Hörorganen und in der Lunge von Vögeln beobachtet worden. Die Verwendung von schimmligen Körnerfrüchten als Geflügelfutter ist deshalb nicht anzuraten.

Aber auch gute Eigenschaften sind an ihnen zu erwähnen. So be-

sitzen sie nämlich in hervorragender Weise, ähnlich wie die Diastase des Malzes, die Fähigkeit, Stärke in Zucker umzuwandeln. Diese Eigenschaft ist auch bei verschiedenen anderen Pilzen beobachtet worden Sie beruht auf der Bildung eines Enzyms, welches die Stärke in gärungsfähige Kohlehydrate abbaut, hydrolysiert.

Diese Eigenschaft wird in Japan zur Herstellung eines hochvergorenen Getränkes benutzt. Dasselbe, Saké genannt, wird in der Weise bereitet, dass man enthülste, gedämpfte Reiskörner mit den Sporen des Pilzes — in diesem Falle Aspergillus Oryzae — vermischt und bei feuchter Wärme sich selbst überlässt. Nach der Entwicklung des Mycels wird die Masse umgearbeitet und von neuem Reis hinzugegeben. Bei dieser Operation wird die Stärke des Reises durch das enzymhaltige Mycel in Zucker übergeführt, aus welchem später durch Selbstgärung Alkohol entsteht. Der Alkoholgehalt des japanischen,

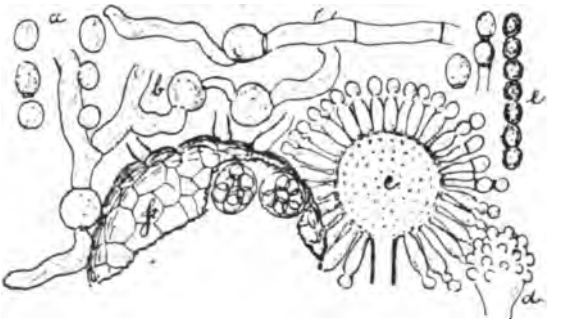


Abb. 47 Verschiedene Vegetationsstadien eines Aspergillus nach Lindner Die Figuren *a* stellen Sporen dar; Fig. *b* sind Keimschläuche in Kopulation begriffen; Fig. *c* ist ein mit Sterigmen bedeckter Kolben; Fig. *d* dasselbe im Jugendstadium; Fig. *e* zeigt eine Kette aneinander gereihter Sporen; Fig. *f* Perithecium.

sherryartigen Getränkes schwankt im allgemeinen zwischen 12 und 14 Gewichtsprozent; es werden sogar Produkte erhalten, deren Alkoholgehalt bis zu 15 Gewichtsprozent heraufgeht.

Der Verfasser stellte bei einer grösseren Anzahl von verschiedenartigen Schimmelpilzen ein teils sehr starkes, teils weniger energisches Verzuckerungsvermögen fest. Als stärkehaltiges Material diente gedämpftes Roggen- resp. Gerstenschrot. Die Temperatur, bei der die Verzuckerung vor sich ging, betrug 25—30° C. Die erhaltenen filtrierten Extrakte ergaben, mit Fehlingscher Lösung gekocht, stark differierende Kupferzahlen.

Mit Reinhefe vergoren entstanden Flüssigkeiten, welche zum Teil einen schönen obst- oder portweinartigen Geruch besassen.

Die vorstehende Abbildung 47 zeigt uns die verschiedenen Vegetationsstadien eines Aspergillus nach Lindner.

Aspergillus niger bildet nach Heinze in einer wässerigen Lösung

von Traubenzucker, der Kalksalze usw. zugesetzt sind, neben Oxalsäure nicht unbeträchtliche Mengen Essigsäure.

Am stärksten verbreitet von allen Schimmelpilzen ist wohl

Penicillium glaucum, der gewöhnliche Pinselschimmel; so genannt wegen der pinselförmigen Anordnung seiner Konidienträger. Er gehört auch zu den Aspergilleen. Dieser Pilz überzieht den Nährboden, auf dem er gewachsen ist, sehr schnell mit einem zunächst weissen, später hellgrün bis bläulich-grün aussehenden sammetartigen Rasen. Die Sporen stellen, mit dem blossen Auge beobachtet, eine staubförmige, grünliche Masse dar. Sie keimen sofort, wenn sie auf ein feuchtes Nährsubstrat gelangen, zu neuen Pflanzen aus, die wiederum zahlreiche Sporen entwickeln. Hieraus erklären sich die ungeheueren Wucherungen und die dadurch hervorgerufenen Verheerungen der Schimmelpilze.

Verschiedene Schimmelpilze.

Ein Schimmelpilz, der wegen seiner Fähigkeit, ein prächtiges Aroma zu bilden, Beachtung verdient, ist der von Professor Dr. Lindner als Sachsia suaveolens n. sp. ad interim beschriebene Weinbukettschimmel. Gefunden wurde er zuerst in einer Brennerei an den Gärbottichen und an den mit Teeranstrich versehenen Wänden. In seinen Wuchsformen an die Hefepilze erinnernd, scheidet er auch ein Aroma aus, welches mit demjenigen der deutschen Weissweine übereinstimmt.

Auf Würzegelatine entwickelt dieser Organismus ein blendend weisses Luftmycel. In der Tröpfchenkultur tritt eine starke Gliederung der Mycelfäden ein, welche bei der geringsten Berührung auseinanderfallen. Die entstehenden Zellen sprossen sogleich wieder aus; sie können hefeartige Abschnürungen bilden, wie Denatium oder die Fumagoarten. Eine sichtbare Gärung vermag der Weinbukettschimmel in Würze nicht hervorzurufen.

Ein anderer Schimmelpilz, der noch hier zu erwähnen wäre, ist Botrytis cinerea, der graue Traubenschimmel. Er ist die Ursache von Weinkrankheiten, sowohl der frischen Traube, als auch des gegorenen, fertigen Weines. Setzt sich dieser Pilz auf den noch unreifen Beeren fest, so werden dieselben für die Weinbereitung absolut unbrauchbar. Der Traubenschimmel verbraucht den erst in geringer Menge in den unreifen Früchten vorhandenen Zucker und macht die Neubildung desselben durch Zerstören des Inhaltes der Weinbeeren unmöglich. Auch in den Traubenstiel vermag der Pilz einzudringen, wodurch die an demselben befindlichen Beeren von der Nährstoffzufuhr abgeschnitten werden.

Als Weinschädlinge treten noch folgende Schimmelpilze auf: Dema-

Penicillium glaucum nach Lindner.

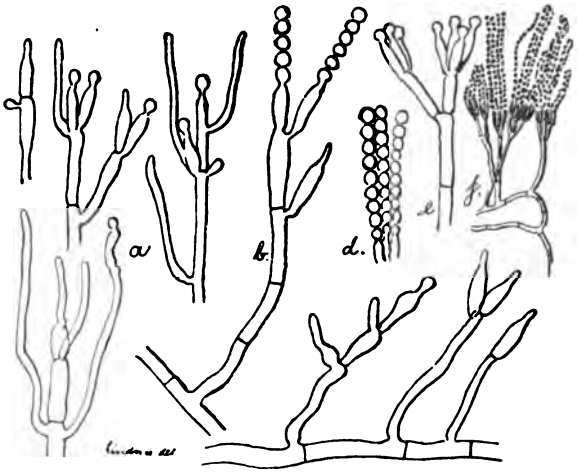


Abb. 48.

Figuren *a* sind unvollkommen ausgebildete Konidienträger; Figur *b* ein Konidienträger mit drei Sterigmen, von denen die beiden obersten bereits Sporen gebildet haben; Figur *d* eine Kette von Sporen, aus den Sterigmen hervorgegangen; *e* und *f* Konidienträger mit Sporenketten.

Sachsia suavolens bei 300facher Vergrösserung nach Lindner.

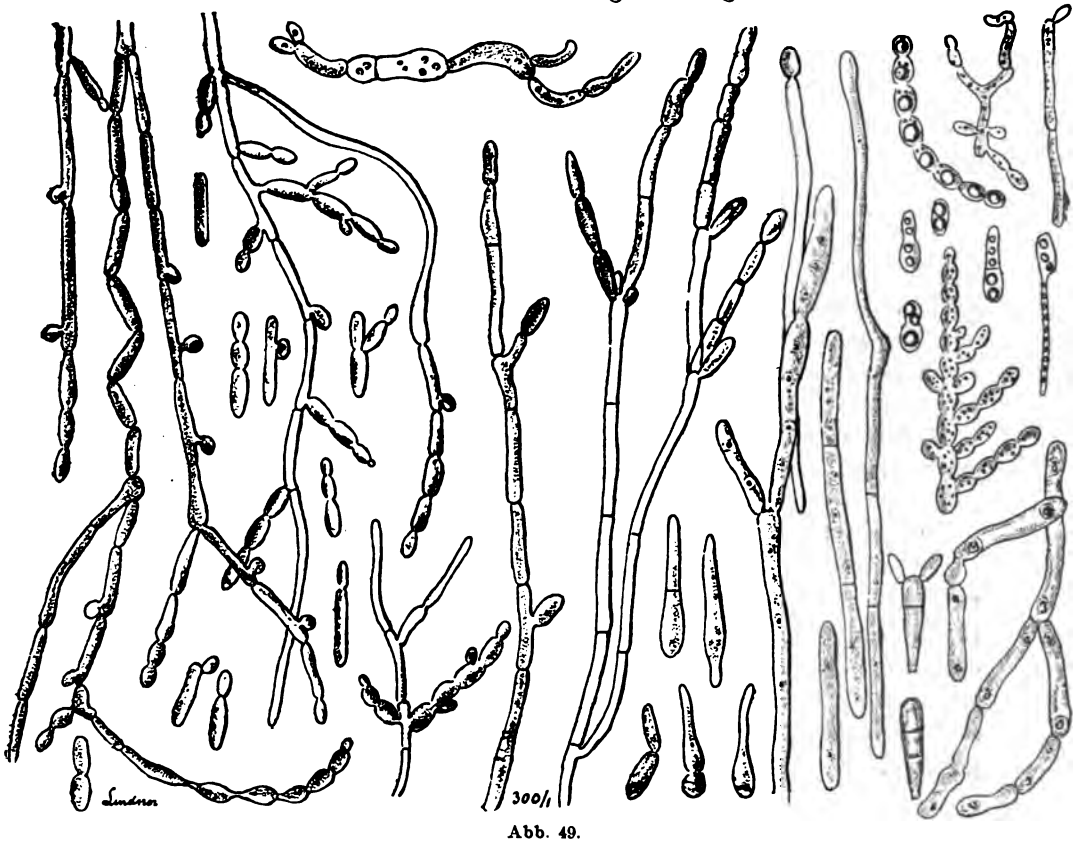


Abb. 49.

Die linke Seite des Bildes zeigt verschiedene Mycelfäden, welche stark gegliedert sind und Knospenbildung zeigen, Oben in der Mitte ist das Auskeimen einer Zelle dargestellt. Rechts zeigt das Bild Zellgruppen von älteren Kulturen.

tium- und Penicillium-Arten, Oïdium Tuckeri, der echte Mehltau, Peronospora viticola, der falsche Mehltau usw.

In den fertigen Wein gelangt, zersetzen sie denselben und verleihen ihm einen unangenehmen dumpfen Geschmack und Geruch. Eine Beschreibung der genannten Schimmelpilze würde hier zu weit führen.

Dass die Schimmelpilze eine hervorragende Rolle in den Gärungsgewerben spielen, ist aus dem Vorstehenden ersichtlich. Für die Essigfabrikation im speziellen kommen sie insofern in Betracht, als sie zuweilen wichtige Rohstoffe, wie Malz, Wein usw., minderwertig und sogar völlig unbrauchbar machen können.

Beim Einmachen der kleinen Essiggurken treten nicht selten Schimmelbildungen auf; namentlich wenn der verwendete Essig wenig Säure enthält.

Schnellessigbildner können durch die Schimmelpilze infiziert werden.

Aber auch erhebliche Zerstörungen von Mauerwerk und von Holzgefässen in Kellern und in dumpfen Räumen werden durch die Schimmelpilze verursacht.

Ferner ist nicht zu übersehen, dass die Schimmelvegetationen eine willkommene Ansiedlungsstätte für andere Infektionskeime, wie Bakterien und Hefen, bilden.

Zur Vertilgung des Schimmels an den Wänden und Decken bedient man sich am besten des Antinonnins und des Montanins. Auch wird zu demselben Zweck ungelöschter Kalk vorgeschlagen, der in Form eines feinen Pulvers auf die nassen Wände gebracht und in die Fugen eingestreut wird. (Wochenschrift für Brauerei 1892, Seite 1240).

Fässer und Bottiche werden durch Ausschwefeln oder durch Behandlung mit saurem, schwefligsaurem Kalk, sowie durch Ätzkalk von Schimmelpilzwucherungen befreit.

Vor allen Dingen werden aber auch die Salze der Flusssäure und der Kieselfluorwasserstoffsäure (Montanin) zum Entfernen von Schimmelpilzen aus Fastagen benutzt. Die chemischen Mittel sind natürlich nach dem Gebrauch durch mehrmaliges gutes Nachspülen mit Wasser — am besten heisses — aus den Fässern und Bottichen zu entfernen.

Die Hefepilze.

Als Sprosspilze, Hefen oder Saccharomyceten (Zuckerpilze) bezeichnet man diejenigen mikroskopischen Pilzarten, welche aus einzelnen, bald rundlichen, bald langgestreckten Zellen bestehen und die sich auf eine eigenartige Weise, durch Sprossung, vermehren. Da die Mehrzahl dieser Organismen Zucker zu vergären, d. h. in Kohlensäure und Alkohol zu spalten vermag, so werden sie auch Saccharomyceten oder Zuckerpilze genannt.

Des öfteren ist von botanischen Forschern die Ansicht vertreten worden, dass die Hefen nichts anderes als besondere Vegetationsformen von höheren Pilzen seien. Die dafür erbrachten angeblichen Beweise haben sich aber stets als Trugschlüsse erwiesen, so dass die Hefen nach wie vor als besondere Gruppe angesehen werden müssen. Allerdings fehlt es auch bei ihnen nicht an Übergangsgliedern zu anderen Pilzarten; es seien einerseits die Spalthefen Schizosaccharomyces Pompe und octosporus genannt, sowie andererseits auf einige Kahmhefen hingewiesen, deren Zellen unter gewissen Kulturbedingungen zu einer derartigen Länge auswachsen, dass sie bei ungenauer Beobachtung mit dem Mycel gewisser Schimmelpilze leicht verwechselt werden können.

Die Gestalt und Grösse der Hefezellen wechselt sehr, je nach der in Frage kommenden Art. Bei den Wein- und Bierhefen herrschen elliptische, beziehungsweise ovale Formen vor.

Die Hefenzelle besteht aus einer feinen elastischen Membran, welche das Plasma einschliesst. Dasselbe kann homogen oder körnig sein; im späteren Vegetationsstadium der Zelle treten vielfach Vakuolen und Fetttröpfchen im Plasma auf.

Die Vermehrung der Saccharomyceten findet, wie schon oben erwähnt wurde, in der Regel durch Sprossung statt. Durch Flächenwachstum der Membran bilden sich an einer oder an mehreren Stellen der ursprünglichen Zelle knospenartige Ausstülpungen, welche einen Teil des Inhaltes der Mutterzelle aufnehmen. Nach und nach erreichen diese Bläschen die Grösse und Gestalt der Zelle, aus der sie hervorgegangen sind, und grenzen sich auch gegen dieselbe durch ein Häutchen ab, worauf ein Zerfall der Mutter- und Tochterzelle stattfinden kann. Vielfach bleiben aber diese noch einige Zeit zu sogenannten Sprossverbänden vereinigt, welche eine erhebliche Grösse erreichen können. Die Tochterzellen bilden nämlich ihrerseits auch sogleich neue Knospen, und diese sind wiederum die Grundlage für eine neue Hefegeneration, so dass in wenigen Stunden stark verzweigte Gebilde aus zahlreichen Hefezellen entstehen können.

Bei verschiedenen Heferassen kommt eine andere Art der Vermehrung durch die Bildung von endogenen Sporen, Askosporen zustande. Dieselben treten vorzugsweise auf, wenn kräftige Zellen einer Hefeart, welche überhaupt Sporen zu bilden vermag, plötzlich in einen ungünstigen Vegetationszustand versetzt werden. In diesem Falle sucht sich der Organismus durch die Anlage von meist zwei bis vier Dauersporen innerhalb der eigentlichen Hefezelle zu erhalten. Diese bleiben längere Zeit lebensfähig und widerstehen äusseren Einflüssen, wie Temperatur und Trockenheit, besser als die Mutterzelle. Unter günstigen Bedingungen keimen die Sporen wieder aus und bilden durch Sprossung neue Hefegenerationen.

Die Entstehung der Sporen geht in der Weise vor sich, dass sich das Plasma der Mutterzelle um verschiedene Zentren gruppiert. Die entstandenen, grösstenteils rundlichen Gebilde umkleiden sich später mit einer Membran und stellen so die Askosporen dar. —

Die Hefen sind im allgemeinen, namentlich im trockenen Zustande, gegen äussere Einwirkungen wenig empfindlich. Schützt man sie gegen parasitische Schädigungen durch andere Organismen, so können sie auf trockenen Nährsubstraten jahrelang aufbewahrt werden. Erheblich leichter gehen sie in Flüssigkeiten zugrunde.

Trockene Presshefe kann unbeschadet bis zum Gefrierpunkt des Wassers abgekühlt werden. Beim Gefrieren von Flüssigkeiten stellt aber der Hefepilz seine Gärtätigkeit ein, ebenso bei einer Temperatur von etwa 50° Cels.; getötet wird er erst bei noch höheren Temperaturgraden.

Durch chemische Stoffe werden die verschiedenen Heferassen mehr oder weniger stark beeinflusst. Schweflige Säure ist beispielsweise ein starkes Hefegift; indessen lassen sich die Sprosspilze auch durch eine geeignete Behandlung an starke Antiseptika gewöhnen, akklimatisieren. —

Eine streng wissenschaftliche

Einteilung der Hefen

ist bisher noch nicht mit Erfolg durchgeführt worden.

Von praktischen Gesichtspunkten aus betrachtet, unterscheidet man ober- und untergärige Hefen, je nachdem dieselben bei der Gärung eine Decke und einen Bodensatz oder nur einen Bodensatz bilden.

Man kennt normale oder Betriebshefen und wilde oder Nachgärungs- beziehungsweise Krankheitshefen. Jenen fällt die Arbeit der Hauptgärung im Betriebe zu, während diese bei der Nachgärung eine Rolle spielen oder Krankheiten des gärenden und des fertig gegorenen Produktes bewirken können.

Da für einzelne Hefearten bestimmte Wuchsformen unter gewissen Bedingungen typisch sind, welche sowohl in den mikroskopischen Kulturen, als auch in den Riesenkolonien, die auf Gelatine gewachsen sind, stets wiederkehren, so sind auch die Sacharomyceten nach diesen morphologischen Eigentümlichkeiten eingeteilt worden in: ellipsoideusartige, pastorianusartige, Torulahefen, Kahmhefen, apikulatusartige usw.

Die beigefügte (Abb. 50) von Lindner ausgeführte Skizze zeigt uns einige der am häufigsten vorkommenden Zellformen verschiedener Hefegruppen.

Fig. *a* zeigt ovale Zellen, wie sie für ober- und untergärige Brauerei- und Brennereihefen typisch sind; Fig. *b* repräsentiert die ellipsenförmigen Zellen der Weinhefen; in den Figuren c_1 und c_2 er-

blicken wir pastorianusartige Nachgärungshefen. Diese kommen aber auch in Zellformen wie bei *a* und *b* vor. Fig. *d* stellt eine Kahmhefe dar. Figur *e* und *f* sind Torulahefen, bei *f* ist ein schleimiger Hof angedeutet; Figuren *g* bis g_3 zeigen Exiguusarten und endlich Fig. *h* die zitronenförmigen Zellen der apikulatusartigen Hefen.

Eine deutliche Unterscheidung der einzelnen Hefearten ermöglicht aber auch diese Einteilung nicht, da einerseits jede Hefespezies unter verschiedenen Kulturbedingungen die Gestalt ihrer Zellen erheblich verändern kann und da andererseits zahlreiche Übergangsformen von einer Gruppe zu den anderen bestehen.

Es ist bereits vorn gesagt worden, dass die Hefenpilze, von praktischen Gesichtspunkten aus betrachtet, in zwei grosse Gruppen eingeteilt werden können: in normale oder Betriebshefen und in wilde oder Nachgärungs- bzw. Krankheitshefen usw. Es entsteht nun die Frage, lassen sich mit dem Mikroskope oder mit anderen Hilfsmitteln Unterschiede zwischen diesen beiden Hauptgruppen, und innerhalb derselben unter den einzelnen Arten bzw. Rassen feststellen? Die Antwort

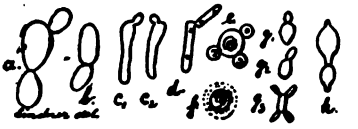


Abb. 50.
Zellen verschiedener Hefen.

lautet: ja, wenn es auch grösstenteils nicht möglich ist, eine bestimmte Hefenrasse nach ihrem Aussehen genau zu bestimmen.

Zunächst bietet uns das mikroskopische Bild der noch tätigen Hefe oder des Bodensatzes Anhaltspunkte für die Beurteilung. Es ist schon erwähnt worden, dass bei den normalen Hefen die eiförmige Zellgestalt vorherrscht, vergleiche Abbildung 50. Wir bemerken dort neben den normalen Zellen *a*) der Betriebshefen wurstförmige *c*) von Krankheitshefen, elliptische *b*), runde Torulazellen *e*), eine Exiguushefe *g*) und eine Apikulatusart *h*). Der geübte Beobachter wird vielfach die angeführten Typen schon aus einem gewöhnlichen mikroskopischen Präparate herauskennen.

Deutlicher treten die Unterschiede namentlich zwischen den Haupthefegruppen bei Anwendung der Tröpfchenkultur zutage. Wir säen einige Zellen der zu analysierenden Hefe in sterile Würze ein und lassen sie in den Tröpfchen der Hohlkammer (siehe Seite 74/75) auskeimen.

Normale oder Betriebshefen.

Brauerei- und Brennereihefen.

Die nächste Abbildung zeigt uns verschiedene unter- und ober-

gärige, in Brauereien und Brennereien vorkommende Betriebshefen im hängenden Tropfen ausgekeimt bei 600facher Vergrösserung.

Die besonderen Merkmale der Keimungsbildner von Kulturhefen lassen sich dahin zusammenfassen:

Der Inhalt der Zellen ist grösstenteils, selbst bald nach dem Entstehen, körnig; homogenes Plasma ist ausserordentlich selten. Die Tochterzellen erreichen in der Regel die Grösse der Mutterzellen, so dass man den Eindruck der Gleichförmigkeit der Kultur erhält. In derselben Zeitspanne werden in der Tröpfchenkultur von den normalen

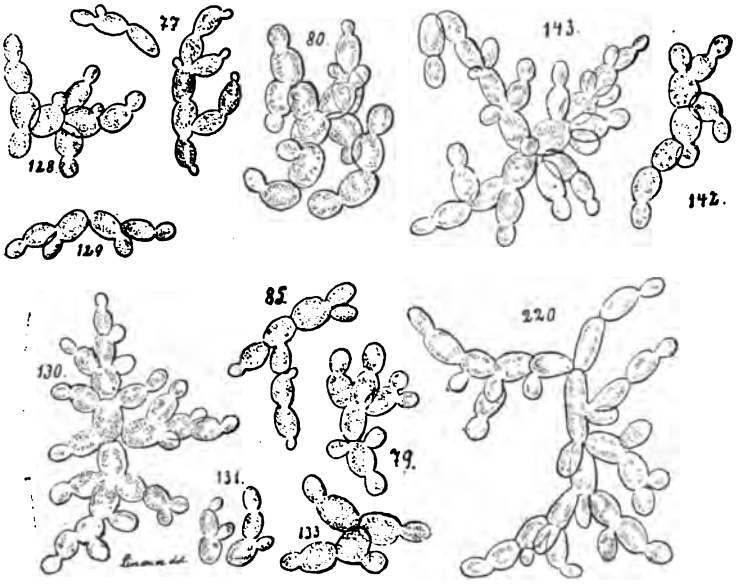


Abb. 51. Verschiedene Kulturhefen.
Figuren 128 bis 131 und 133. zeigen Kulturhefen, aus Brennereien stammend, mit sehr verschiedenem Gärvermögen. Die Hefen 77, 79, 80 und 85 sind in Presshefefabriken aufgefunden worden. Eine obergärige Brauereihefe ist Nr. 143. Die Figuren 142 und 220 stellen untergärige Bierhefen dar.

Hefen erheblich weniger Zellen gebildet als bei den wilden Hefearten; die einzelnen Zellen der ersteren sind aber durchschnittlich grösser als diejenigen der nichtkultivierten. Die Zellen der normalen Hefen sind stark gekrümmt; bei schwacher Vergrösserung fallen daher die scharfen Konturen der Bilder auf im Vergleich zu den sich schwächer abhebenden der wilden Hefen. Endlich bleiben auch die Zellen der Kulturhefen länger in Sprossverbänden. Die Brennereihefen neigen, was die vorerwähnten und auch noch andere Eigenschaften anbelangt, mehr den wilden Hefen zu; man könnte sie überhaupt in mancher Hinsicht als Übergangsstufen zu den nicht kultivierten Rassen ansehen.

Weinhefen.

In dem Trube der deutschen Weine finden sich meist runde und elliptische (Abb. 50*b*) Hefezellen, die vielfach mit den Brauerei- und Brennereihefen Ähnlichkeit zeigen. Ausserdem enthält der Trub aber auch Zellen von Apikulatushefen (Abb. 50*h*) und schliesslich noch kahmartig langgestreckte oder wurstförmig gestaltete Hefen.

Der Trub von Bordeauxweinen enthält nach Wortmann und Aderhold mehr langgestreckte Zellen als der Bodensatz deutscher Weine; bei jenen wurden runde und langgestreckte Hefen fast in gleicher Menge beobachtet.

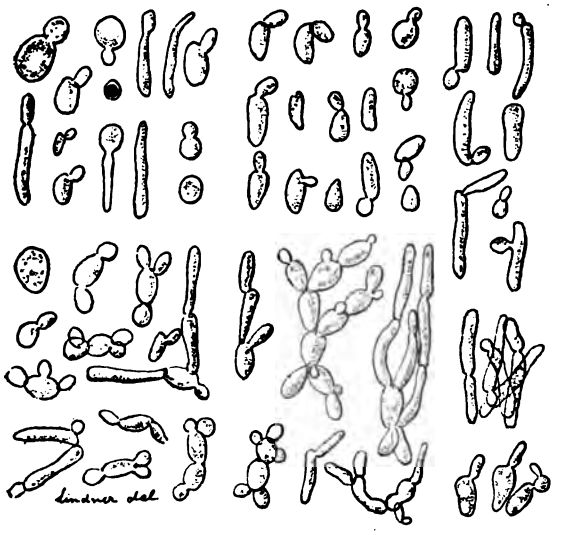


Abb. 52 a.
Abbildung 52 a Krankheitshefen.
Aus einer untergärigen Brauerei, deren Biere Hefentrübungen zeigten.

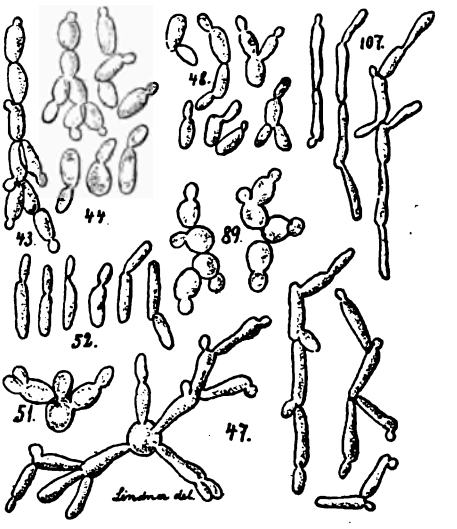


Abb. 52 b.
Abbildung 52 b Nachgärungshefen.
Aus verschiedenen Brauereien stammend.

Wilde oder Krankheitshefen.

Die Abbildung 52 veranschaulicht mehrere junge Kulturen von wilden Hefen, zu den Gruppen der Nachgärungs- und Krankheitshefen gehörig.

Die Vergrösserung ist dieselbe wie bei den normalen Hefen, nämlich 600fach.

Die meisten wilden Hefen besitzen folgende Kennzeichen:

Die jungen Zellen besitzen ein fast homogenes Plasma und lösen sich verhältnismässig schnell von den Mutterzellen los, so dass die Sprossverbände leichter zerfallen als bei den Kulturhefen. Auch sehen dieselben nicht so gleichmässig aus wie bei den normalen Saccharomyceten, weil die Tochterzellen vielfach, selbst wenn sie völlig aus-

gebildet sind, nicht die Grösse der Mutterzellen erreichen. Andererseits nehmen sie aber auch unter gewissen Umständen eine grössere Ausdehnung als diese an. Andere Abweichungen sind schon bei der vorher angeführten Parallele zwischen wilden und Zuchthefen erwähnt worden.

Ausser in den Keimungsbildnern besitzt man auch in der Sporenbildung ein Unterscheidungsmerkmal zwischen den wilden und den untergärigen, normalen Sprosspilzen. Man kann im allgemeinen sagen, dass jene sowie die obergärigen Rassen der Kulturhefen leicht Askosporen hervorbringen, während die untergärigen Brauereihefen nur schwierig oder erheblich später zur Sporulation zu veranlassen sind. Grössere Untersuchungen sind von Hansen über diesen Gegenstand gemacht worden; es würde aber zu weit führen, hier die einzelnen Fälle eingehenden Erörterungen zu unterziehen. Hansen hat für eine Reihe von Hefen die Optimum- und Grenztemperaturen für die Sporenbildung festgestellt.

Weitere Anhaltspunkte für die Hefenanalyse bieten uns die Riesenkolonien. Dieselben werden erhalten, indem man auf die Würzegelatine mit dem Platindraht vorsichtig, ohne die Gelatine zu verletzen, die zu untersuchende Hefe in Reinkultur als Tüpfelchen aufträgt.

Nach einigen Wochen haben sich die Kolonien soweit entwickelt dass sich bei Verwendung von Hefen verschiedener Gruppen oder auch sogar bei den einzelnen Heferassen derselben Gruppe deutliche mikroskopische Unterschiede wahrnehmen lassen.

Im allgemeinen kann man sagen, dass die Kulturhefen, namentlich die untergärigen, kompakter wachsen als die wilden. Sie zeigen häufig ein kraterförmiges Aussehen im Gegensatze zu den nicht kultivierten Saccharomyceten, welche grösstenteils zu einer tellerförmigen, gekröse- oder netzartigen und auch glatten Riesenkolonie auswachsen. Ausnahmen von dieser Regel finden indessen statt.

Kahmhefen.

Den wilden Sprosspilzen sind auch die Kahmhefen zuzurechnen. Da dieselben unter Umständen einen grossen Einfluss auf die für die Essigfabrikation wichtigen Rohprodukte, wie Wein, Bier und sogar auch auf die bereits eingestellte Essigmaische des Orleansverfahrens, auszuüben vermögen, sollen noch die Keimungsbilder dieser Organismen einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

Die folgende Abbildung (53) Lindners zeigt eine grössere Anzahl von Kahmhefekulturen, welche sich in hängenden Würzetröpfchen entwickelt haben. Die Vergrösserung ist 600fach.

Die Keimungsbilder gewisser Kahmhefearten können im Jugendstadium leicht mit denen anderer wilder Hefen verwechselt werden,

wie es beispielsweise bei den vom Beschauer aus in der linken Hälfte des Bildes befindlichen Kolonien der Fall ist.

Im späteren Entwicklungsstadium wachsen jedoch die Zellen grösstenteils sehr in die Länge; ein typisches Kennzeichen für Kahm. Auch treten dann häufig kleine Fetttröpfchen auf, die Zellen zeigen vielfach Neigung, das flüssige Nährsubstrat zu verlassen und in die Luft hineinzuwachsen.

Das Plasma der Kahmhefen ist homogen. Die Kahmhefen bilden die bekannten Kahmhäute. —

Diese Häute zeigen bei einigen Arten eine gewisse Ähnlichkeit mit den Häuten von Essigpilzen, so dass es dem weniger Geübten leicht

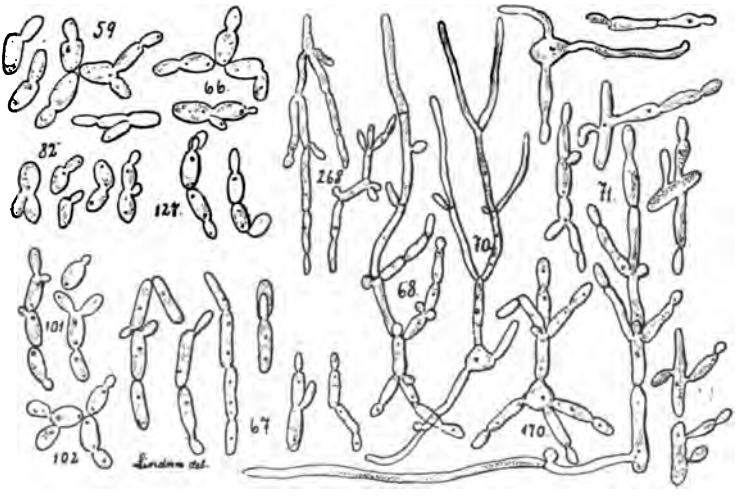


Abb. 53.
12 verschiedene Kahmhefen, welche keine Sporen bilden.

passieren kann, dass er eine Kahmhaut für eine Essigpilzhaut hält. In diesem Falle hilft das Mikroskop aus; ein Blick durch dasselbe genügt, um die grösseren, dickeren, meist langgestreckten Zellen der Kahmhefen von den kleinen Essigstäbchen zu unterscheiden.

Hierdurch kann man sich mit Leichtigkeit vor grösseren Betriebsstörungen und damit verknüpften Verlusten an Geld und Zeit schützen, denn oft genug ist es vorgekommen, dass der weniger geübte Praktiker eine Kahmgärung für eine Essiggärung gehalten hat, aber keinen Essig, sondern einen höchst minderwertigen Wein bzw. Weinmaische bei diesem Prozess erzielte. Hat die Kahmhefe erst längere Zeit ihren schädlichen Einfluss geltend gemacht, so ist die Weinmaische meist als verdorben anzusehen. Die Benutzung des Mikroskopes zu Beginn der Deckenbildung ist daher nur zu empfehlen.

Die Abbildung 54 zeigt uns deutlich die Unterschiede zwischen Essig-

pilzen und Kahmhefen. Rechts unten im Bilde sind die perlschnurförmig aneinander gereihten kleinen Zellen der Essigpilze zu sehen und auf der rechten Seite der Abbildung oben die erheblich grösseren Kahmzellen; auch links unten befindet sich eine Kolonie von Kahmhefen. Die Mitte der Fig. 54 zeigt normale Hefen, nämlich untergärige Brauereihefen. Das Präparat und die Abbildung stammen von Lindner her.

Bei der Probenahme darf die Decke natürlich nicht zerstört werden. Mit Hilfe eines zu einer kleinen Öse umgebogenen Platindrahtes gelingt

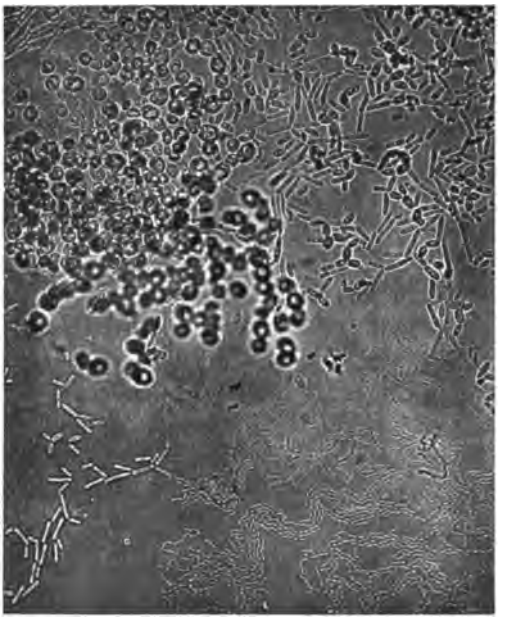


Abb. 54.
Essigpilze, normale Hefen und Kahmhefen aus untergärigem Bier stammend bei 300facher Vergrösserung.

es aber mit Leichtigkeit, ohne die Decke zu zerreissen oder zum Untersinken zu bringen, eine Probe von der Haut zu nehmen.

Kommen Fässer als Gärgefässe, also geschlossene Geräte in Frage, so muss der Platindraht in einen langen Glasstab eingeschmolzen sein, sonst genügt ein kurzer Glasstab oder ein metallener Halter, in den der Platindraht eingespannt wird.

Zu den Kahmhefen gehören auch die sogenannten Anomalushefen. Sie bilden hutförmige Sporen und zeichnen sich ferner durch die Entwicklung von Fruchtäthern aus.

Abbildung 55 zeigt einen Saccharomyces anomalus aus Eibischsaft.

Alle Anomalusarten mit Ausnahme von Saccharomyces anomalus

belgicus, aus einem belgischen Biere stammend, entwickeln Kahmhäute, die aussehen, als ob sie mit Mehl oder Puder bestreut sind. Nur Saccharomyces anomalus belgicus (Lindner) zeigt eine sämige, punktierte Kahmhaut. Diese Hefe bildet auch keinen Fruchtäther.

Zu den Anomalushefen gehört auch der von Beijerinck als Mycoderma cerevisiae var. pulverulentum bezeichnete Pilz. Seine Kahmhaut ist pulverig weiss, die zahlreich von ihm entwickelten Sporen sind hutförmig gestaltet, auf Würze entwickelt die Hefe einen obstartig duftenden Äther.

Von sonstigen Fruchtätherhefen, die auch Kahmhäute bilden, sind noch zu nennen:

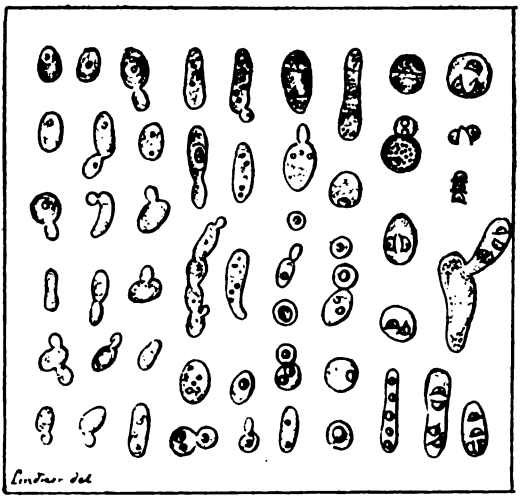


Abb. 55.
Saccharomyces anomalus (Zeidler).

Saccharomyces acetaethylicus (Beijerinck). Dieser Organismus entwickelt Essigäther. Ferner:

Mycoderma cucumerina (Aderhold). Ein aus der Sauregurkenbrühe stammender Kahmpilz, der neben Essigsäure, Buttersäure und Ameisensäure auch Apfelsäure und Weinsäure erzeugt.

Lafar isolierte aus dem Geläger eines Bieres eine viel Säure (Essigsäure) produzierende Kahmhefe.

Von Zeidler wurde in gärendem Met eine Hefe gefunden, die in morphologischer Hinsicht zwischen den Kahm- und den Torulaarten steht. Ihre Zellen sind nämlich teils kugelig, teils lang ausgestreckt, mycelartig. Die Haut ist dick und schleimig; Sporen wurden nicht beobachtet. Auf Bierwürze und auf Würzegelatine entwickelt die Hefe ein schönes Obstaroma.

Der Einfluss der Kahmhefen auf die Flüssigkeiten, auf denen sie wachsen, ist meist mit erheblichen Schädigungen derselben verknüpft.

Beim Aufbewahren des zu Nährzwecken bei der Schnellessigfabrikation bestimmten Bieres und auch des Weines usw. bemerkt man oft, dass sich die Oberfläche derselben mit einer bald zarten, bald sehr dicken Haut bedeckt. Dieselbe wird in den meisten Fällen von Kahmhefen gebildet, deren Kolonien zuweilen auch schädlichen Bakterien als erwünschte Ansiedlungsstätte dienen.

Nicht nur dadurch, dass die herabsinkenden Kahmhefen das Bier trübe und für die Essigfabrikation ungeeignet machen können, üben diese einen schädlichen Einfluss aus, sondern auch durch einen Verbrauch von Alkohol, Äthern und Extraktstoffen, welche sie dem Biere unter Umständen in beträchtlichem Masse entziehen.

In gleich nachteiliger Weise wie auf Bier wirken die Kahmhefen auch auf den Wein ein. Da es nun bei der Weinessigfabrikation hauptsächlich darauf ankommt, Produkte von gutem Aroma zu erzielen, so werden unter Umständen durch die Kahmhefen grosse Geldverluste dadurch veranlasst, dass sie beim Lagern aus einem für die Essigfabrikation sehr geeigneten, bukettreichen Wein das ganze Aroma herausnehmen.

Obwohl die chemische Analyse unter Umständen bei derartigen Produkten ihres Extrakt- und Alkoholgehaltes wegen noch Werte liefert, die sich mit denen von guten Naturweinen decken, so dürfte doch solche Ware für die Essigfabrikation von höchst zweifelhaftem Werte sein.

Bei der Herstellung des Wein- und Bieressigs wirken die Kahmhefen insofern schädlich, als sie, wenn man den Maischen keinen genügenden Schutz in Gestalt von Essigsäure gibt, — natürlich als Gärungsessig, am besten als hochprozentigen Essigsprit zugesetzt — das Anwachsen der Essigpilze verhindern.

Selbst aber, wenn auch bei der Anwesenheit von Kahmhefen eine Deckenbildung von Essigpilzen zustande kommen sollte, machen sich die ersteren dadurch unangenehm, dass sie die Essigbakterien in ihrer Entwicklung hemmen und einen Teil des Alkohols direkt zu Kohlensäure verbrennen.

Als Schädlinge treten die Kahmpilze auch beim Einmachen der Essiggurken und anderer Früchte auf. Bisweilen sind sie hier, namentlich im Falle stärkeren Luftzutritts, selbst durch einen erheblichen Säuregrad des Einlegeessigs kaum zu entfernen.

Andererseits können aber auch die Kahmhefen vielleicht unter Umständen nützlich einwirken. Wir kennen viele Arten, welche ein schönes, fruchtartiges Aroma ausscheiden. Auch hindern derartige fruchtätherbildende Hefen das Aufkommen von schädlichen Bakterien und

anderen Organismen. Die Parfümstoffe üben offenbar einen antiseptischen Einfluss auf dieselben aus.

Auch dadurch, dass die Kahmhefen fixe Säuren aus dem Wein verzehren, können sie unter Umständen von Nutzen sein; stark weinsaure Weine lassen nämlich eine Entwicklung von Essigpilzen nicht aufkommen.

In demselben Masse wie die Kahmhefen aber die fixe Säure angreifen, werden sie indessen auch den Alkohol verzehren. Der Nutzen, den sie bringen, ist also immerhin ein zweifelhafter; daher besser, fort mit den Kahmhefen aus den Betrieben.

Man schützt sich vor ihnen am besten in der Weise, dass man den Wein oder das Bier usw., welches zur Essigfabrikation Verwendung finden soll, in spundvoll gehaltenen, zuvor gut gereinigten Fässern aufbewahrt und dass man den Rohstoffen soviel Essigsäure zusetzt, dass eine Vermehrung der Kahmhefen ausgeschlossen ist.

Das Quantum des zuzusetzenden Essigs ist je nach der Art des vorhandenen Kahmpilzes verschieden; in den meisten Fällen genügt aber ein Zusatz bis zu 4 pCt. Essigsäure im Gemisch.

Sollte es sich bei der Gärung herausstellen, dass der Säureschutz insofern zu hoch ist, als er die Angärung der Essigpilze hindert, so muss beim Anstellen der Maischen Wasser oder anderer, weniger stark saurer Wein hinzugesetzt werden.

Auch eine tüchtige Aussaat gärkräftiger Essigbakterien ist zuweilen imstande, Kahmhefen, wenn sie nicht in zu grosser Menge auftreten, zu unterdrücken. Es genügt in diesem Falle ein weniger starker Zusatz von Essig zu den Rohprodukten; diese müssen aber dann in spundvollen Fässern, die von Zeit zu Zeit nachzufüllen sind, aufbewahrt werden.

Die Spaltpilze.

Die dritte Gruppe von Pilzen, welche in den Gärungsgewerben und speziell bei der Essigfabrikation eine Rolle spielen, umschliesst die Bakterien, Spaltpilze oder Schizomyceten.

Die Bakterien sind Organismen von denkbar einfachstem Bau; sie bestehen aus einer Zelle, an der man einen Protoplasmakörper und eine diese umschliessende Membran unterscheiden kann. Der Inhalt der Zelle, das Protoplasma, erscheint bei den meisten Spaltpilzen als eine homogene, etwas getrübte, durchscheinende Masse, zuweilen wird aber auch eine mehr oder weniger feinkörnige Granulation beobachtet.

Die Membran, welche grösstenteils sehr fein ist, besteht aus einer zelluloseähnlichen Substanz. Sie ist ohne weiteres mit dem Mikroskop nur schwer wahrzunehmen; legt man die Zelle aber in eine Salzlösung oder in ein anderes Medium ein, welches das Protoplasma zusammenzieht, so hebt sich die Membran ab.

Die Ausdehnung der Bakterien ist, entsprechend ihrem einfachen Bau, äusserst gering. Selbst die grössten Spezies derselben haben nur einen Breitendurchmesser von wenigen Mikromillimetern; die kleinsten aber nur einen solchen von Bruchteilen dieser Masseinheit für mikroskopische Wesen. Ein Mikromillimeter = 1 μ ist der tausendste Teil eines Millimeters. Bei den Stäbchenbakterien beträgt im allgemeinen die Länge ungefähr das Doppelte bis Vierfache des Querdurchmessers; es kommen aber auch Formen vor, welche bedeutend länger sind.

Viele Spaltpilzarten besitzen die Fähigkeit, Eigenbewegungen auszuführen. Dieselbe kommt mit Hilfe von besonderen Bewegungsorganen, den sogenannten Cilien oder Geisseln, zustande. Dieselben sitzen an den Polen der Bakterie oder an den Seitenwandungen; sie sind von ausserordentlich zartem Gefüge, so dass sie nur schwer mit dem Mikroskope zu erkennen sind.

Die Zellhaut einiger Spaltpilze hat eine ausgesprochene Neigung zum Aufquellen. Es entsteht zuweilen eine gallertartige, klebrige Masse, welche die einzelnen Bakterienzellen zu einem Komplexe vereinigt. Die in Gallerthüllen eingebetteten Bakterienmassen, Zooglöen genannt, sind dem unbewaffneten Auge als Häute, Flocken, Fäden oder lappenartige Gebilde usw. sichtbar.

Sie verhindern eine genaue Beobachtung der eigentlichen Pilzzelle durch das Mikroskop; ein Zusatz von verdünnter Lauge bewirkt bisweilen eine Lösung dieser Schleimmassen und macht so die Bakterienzellen frei.

Nach ihrer äusseren Gestalt kann man die Spaltpilze in vier verschiedene Gruppen einteilen, nämlich in

1. Kokken oder Kugelbakterien,
2. Bacillen oder Stäbchen,
3. Fadenbakterien,
4. Schrauben- oder Spirobakterien.

Für die Gärungsgewerbe kommen nur die beiden ersteren Gruppen in Betracht.

Die Kokken bestehen aus kugelförmigen Zellen, welche untereinander verbunden bleiben können. Zu zweien vereint heissen sie Diplokokken; perlschnurartig hintereinander gereiht werden sie Streptokokken genannt; vier in einer Ebene gleichmässig nebeneinander gelagerte Zellen bilden eine Tetrade; nach den drei Richtungen des Raumes angeordnet, treten die Kokken als packetartige Gebilde auf, Sarcinen genannt.

Die Bacillen oder Stäbchen sind zylindrische Zellen, bei denen die Längsachse grösser ist als die Querachse. Je nachdem nun die Unterschiede in den Dimensionen erheblich sind oder nicht, spricht man von Lang- und von Kurzstäbchen.

Abgesehen von ihrer normalen Gestalt können die Bakterien noch in Missbildungen oder Involutionsformen auftreten; dieselben beruhen auf einer Entartung der Zellen infolge ungünstiger Vegetationsbedingungen.

Bacillen sowohl wie Kokken nehmen dann oft seltsam blasige, wurst- und keulenförmige, gewundene und verzweigte Formen an, welche die gewöhnlichen Individuen meistens ganz erheblich an Grösse übertreffen.

Wie die gemeinsame Bezeichnung „Spaltpilze" schon besagt, vermehren sich diese kleinen Organismen durch Spaltung einer Zelle, und zwar vornehmlich durch Teilung in einer Richtung. Eine Ausnahme machen einige Kokken, wie Pediococcus cerevisiae, Pediococcus acidi lactici usw., welche im Wachstum zwei Dimensionen aufweisen, und die Sarcinen, welche sich sogar nach drei Richtungen spalten können.

Bei den Bacillen geht die Vermehrung in der Weise vor sich, dass zunächst die Zelle in die Länge wächst, bis sie ganz oder annähernd ihre normale Grösse erreicht hat; sodann entwickelt sie senkrecht zu ihrer Längsachse in der Mitte eine Querwand. Diese spaltet sich in zwei Lamellen und die Trennung der beiden Individuen erfolgt, um nach dem Auswachsen bis zur ursprünglichen Grösse eine neue Querwand zu bilden.

Da aus einer Zelle verhältnismässig schnell zwei Tochterzellen entstehen, aus diesen in derselben Zeitspanne vier, welche ihrerseits befähigt sind, ebenso schnell wieder zu acht Individuen anzuwachsen usw., so ist es klar, dass die Spaltpilze sich sehr stark vermehren und somit grosse Wirkungen in kurzer Zeit hervorrufen können.

Ausser dieser vegetativen Fortpflanzung kennt man bei verschiedenen Bakterien noch eine andere Art der Vermehrung.

Unter gewissen Bedingungen, wie bei Mangel an Nährstoffen, bei ungünstigen Beeinflussungen physikalischer oder chemischer Art; letztere oft hervorgerufen durch die eigenen Stoffwechselprodukte, sucht sich der Organismus durch die Bildung von Dauerformen, Sporen, zu erhalten.

Beim Beginn der Sporenbildung verdichtet sich das Protoplasma des Bakterienleibes an einer Stelle und umschliesst sich mit einer Membran, welche nach und nach sehr fest wird.

Die ausgebildeten Sporen bestehen aus kugeligen oder länglichrunden, hellglänzenden Körperchen; sie sind von homogener, ölartiger Beschaffenheit, zeigen aber scharfe Konturen und ein starkes Lichtbrechungsvermögen. Diese Umstände bewirken, dass sie leicht zu erkennen sind.

Gegen äussere Einflüsse sind die Sporen sehr widerstandsfähig. Durch einen wiederholten Wechsel von Nässe und Trockenheit, dem die gewöhnlichen Bakterienzellen bald unterliegen würden, sowie selbst durch hohe und niedrige Temperaturen sind die Dauerformen nur

schwierig zu vernichten. Diesem Umstande ist beim Sterilisieren von mit Bakterien infizierten Stoffen Rechnung zu tragen. Man muss, um sicher zu gehen, die Bakteriensporen auskeimen lassen und dann erst Wasserdampf oder Antiseptika einwirken lassen. Gewisse Sporen werden sogar kaum bei einer Temperatur von 140° C. nach einstündiger Einwirkung getötet; die Dauerformen des Heubacillus ertragen stundenlanges Kochen der Flüssigkeit, in der sie sich befinden.

Unter günstigen Vegetationsverhältnissen sind die Sporen befähigt, selbst nach einer grossen Ruhepause, und zwar nachdem die Mutterzelle längst abgestorben ist, wieder auszukeimen; sie wachsen zu normalen Zellen heran und vermehren sich wie gewöhnlich durch Spaltung. —

Was die Nähr- und Lebensbedingungen der Spaltpilze anbelangt, so ist zunächst zu bemerken, dass sie sich als chlorophyllfreie Pflanzen wie die anderen Pilze parasitisch, d. h. auf Kosten anderer organisierter Körper ernähren. Sie entziehen denselben das allen Lebewesen typische Element, den Kohlenstoff, in schon vorgebildeten Verbindungen. Namentlich bevorzugen sie stickstoffhaltige Materialien, wie Eiweissstoffe und ähnliche Körper; aber auch anorganische Verbindungen, wie Ammonsalze und salpetersaure Salze, dienen teilweise ihnen neben organischen Substanzen als beliebte Stickstoffquelle.

Ein gewisser Feuchtigkeitsgrad und grösstenteils mittlere Temperaturen sind Bedürfnis für ein gutes Gedeihen von Bakterienkulturen; indessen hat jede Spezies ein besonderes Temperaturoptimum sowie eine Maximal- und eine Minimalgrenze, innerhalb welcher ein Wachstum nur möglich ist. Das Temperaturoptimum liegt für die meisten Spaltpilze zwischen 20° C. und der Wärme des tierischen Organismus; die Temperaturgrenzen werden im allgemeinen durch die Grade + 5° und 45° C. repräsentiert.

Gegen Luft bezw. Sauerstoff verhalten sich die einzelnen Bakterienarten sehr verschieden. Man unterscheidet in dieser Beziehung zwei extreme Gruppen, aërobe und anaërobe Spaltpilze.

Die ersteren bedürfen zu ihrer vollen Entwicklung neben guter Ernährung auch reichlicher Zufuhr von Sauerstoff. Der Essigpilz ist ein wichtiger Vertreter dieser Gruppe.

Die anaëroben Spaltpilze gedeihen unter der Voraussetzung guter Nährbedingungen am besten ohne Luftzutritt. Bei einigen Arten wirkt der Sauerstoff geradezu als Gift; sogar durch minimale Mengen desselben wird die Entwicklung sofort ungünstig beeinflusst, und bald gehen die Bakterien gänzlich zugrunde.

Von praktischen Gesichtspunkten aus betrachtet, teilt man die Spaltpilze in pathogene oder krankheiterregende und in zymogene oder gärungerregende ein. Uns interessieren nur die letzteren, und zwar von ihnen wiederum hauptsächlich diejenigen, welche die Kohlehydrate oder

die aus diesen erhaltenen Produkte – namentlich den Alkohol — zu verändern imstande sind. —

Die Rohprodukte, welche in den Gärungsgewerben Verwendung finden, sind eine beliebte Ansiedlungsstätte für Spaltpilze der mannigfachsten Arten. Wollen wir verschiedene Species kennen lernen, so brauchen wir nur Getreide oder Malz zu schroten, mit Wasser einzuteigen und den erhaltenen Brei unter Innehaltung verschiedener Temperaturgrade sich selbst überlassen.

Bei Zimmertemperatur werden in Malzmaischen vorzugsweise die stark beweglichen Termobakterien vorherrschen. Bei einer Temperatur von 41° C. = 33° R. tritt hauptsächlich das Buttersäureferment auf. Die Milchsäuregärung verläuft bei 50° C. = 40° R. deshalb am besten, weil bei

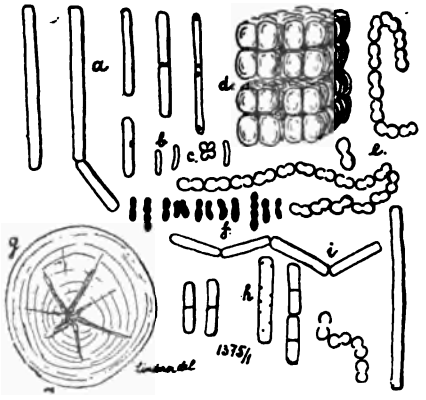


Abb. 56.
Pilzvegetation in einer Maische aus Gerstenmalz und Roggen, gewachsen bei 41,8° C. (nach Lindner).

dieser verhältnismässig hohen Temperatur Nebenfermente unterdrückt werden. Will man eine Reinkultur des Heubacillus sich darstellen, so kocht man die Maische auf, kühlt ab und stellt sie bei 38—50° C. = 30—40° R. in den Thermostaten.

Die Abbildung 56 zeigt uns verschiedene auf Getreidearten vorkommende Spaltpilze.

Die Figuren *a*, *i* und *h* stellen Buttersäurestäbchen dar, bei *i* mehrfach geknickt. Sie zeichnen sich durch ihre Grösse im Verhältnis zu den anderen Bacillen aus. Gleichfalls von bedeutenden Dimensionen sind die paketförmig angeordneten Zellen der Sarcina maxima *d*. Dagegen verschwinden fast die kommaförmigen kleinen Bacillen *b* und die Tetrade des Pediococcus *c*. Abbildung *e* zeigt Kokken von semmelartiger Gestalt, kettenförmig aneinander gereiht, und Abbildung *f* kleine, unsymmetrisch geformte Stäbchen, annähernd von der Gestalt des

Bacterium termo. Das Stärkekorn *g* gestattet einen ungefähren Vergleich der Grössenverhältnisse der verschiedenen Organismen.

Überlässt man eine Malzwürze bei Zimmertemperatur sich selbst, so entwickeln sich in derselben in kurzer Zeit kleine Stäbchen, welche eine starke Beweglichkeit zeigen und die unter dem Namen Würzetermobakterien zusammengefasst werden.

In der nächsten Abbildung (Lindner) sind verschiedene Organismen dieser Gruppe neben einigen Essigbakterien und dem Bacillus viscosus, den Erreger der schleimigen Gärung, abgebildet. Die Vergrösserung ist 600fach.

Die Termobakterien erzeugen in der Würze Trübungen und einen sellerieartigen Geruch. Die erste der drei angeführten Spezies wurde von Zeidler isoliert.

Nach Lindner zeigt Termobacterium lutescens in Würze gewachsen die Gestalt kleiner in der Mitte zusammengeschnürter, kurzer Stäbchen.

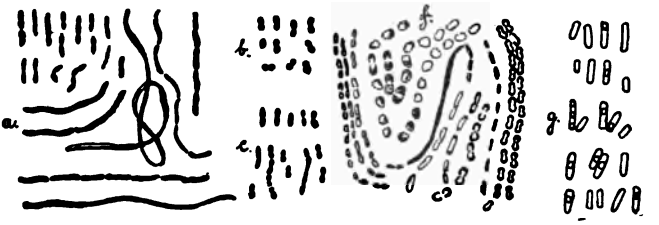


Abb. 57.
a) Termobacterium lutescens. b) Termobacterium iridescens. c) Termobacterium album.
f) Essigbakterien aus einer Tröpfchenkultur in Bier. g) Bacillus viscosus.

Diese können sich aber auch zuweilen zu langen, eingeschnürten Ketten oder zu langen ungegliederten Fäden ausbilden. Letztere Art von Zellen wurde in Kulturen auf Würzegelatine und Agar aus Weissbierwürze, also auf festen Nährsubstraten, beobachtet.

Bei Termobacterium album gehören langgestreckte Zellen zur Seltenheit; Fäden konnten nicht beobachtet werden. Die dritte Termobakterie (Termobacterium iridescens) ähnelt im mikroskopischen Bilde sehr der vorhergehenden. Dieser Pilz erzeugt Wasserstoff.

In Figur *f* ist eine Essigbakterie abgebildet, die als Tröpfchenkultur in sterilem Bier gewachsen ist. Neben einzelnen Zellen sind kettenförmig aneinander gereihte Kurzstäbchen und ein langer Faden (Involutionsform) sichtbar.

Die Würzetermobakterien, der Bacillus viscosus und auch die in der vorletzten Abbildung (56) aufgeführten Organismen können bei der Malzessigfabrikation und in denjenigen Betrieben, wo als Nährstoffzusatz Malzauszüge, Malzmaischen oder Bier verwendet werden, erheblichen Schaden anrichten.

Neben den Würzebakterien interessieren uns in gärungstechnischer Hinsicht vor allen Dingen die Säurebildner.

Zunächst die Gruppe der Milchsäurepilze. Sie kommen sowohl in Bacillen- wie in Kokkenform vor; für die Praxis haben aber nur die ersteren Bedeutung. Eine grosse Anzahl derselben ist beobachtet, einige sind näher bestimmt worden. Die von den letzteren gebildeten Säuren zeigen ein verschiedenes optisches Verhalten; auch weichen die Stäbchen von einander ab.

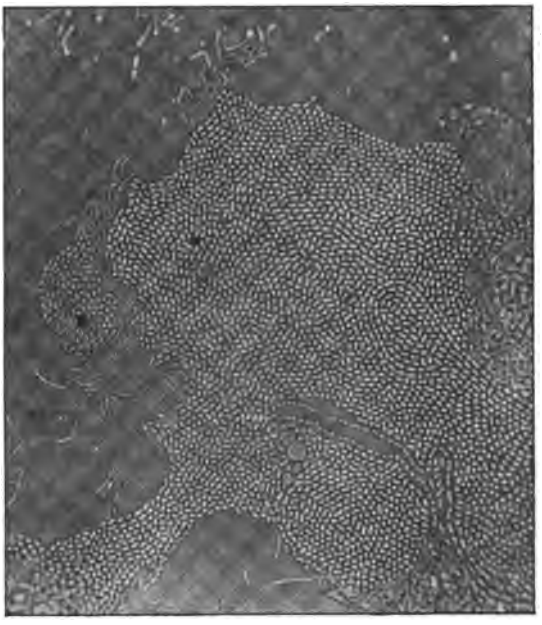


Abb. 58.
Essig- und Milchsäurebakterien.

In den Gärungsgewerben spielen sie eine grosse Rolle, namentlich im Brennereibetriebe; ferner in der Brauerei und bei der Weinbereitung. Die Säuerung der Milch wird durch sie bewirkt. Bei der Futtermittelbereitung sind sie tätig, desgleichen in der Gerberei.

Die in der Brennerei und Brauerei vorkommenden Milchsäurebacillen bilden nach Maercker nicht zu lange, dünne Stäbchen, die in der Mitte ein wenig zusammengezogen sind. Sie kommen im allgemeinen einzeln vor; zuweilen werden sie aber auch in Ketten angetroffen, was namentlich für die Tröpfchenkultur gilt.

Die Länge der Stäbchen beträgt ungefähr zwei Mikromillimeter.

Wesentlich abweichend hiervon sind die Angaben Lafars über das von ihm reingezüchtete Milchsäureferment, dem er den Namen Bacillus

acidificans longissimus gegeben hat. Die Zellen dieses Pilzes sind langgestreckt. Die Länge ist fast stets grösser als 2,5 Mikromillimeter; die Bakterien erreichen aber auch sehr häufig das Zehnfache dieser Zahl. Die Breite beträgt gleichmässig etwa einen Mikromillimeter.

Die Abbildung 58 zeigt in der Mitte oben Milchsäurebakterien, die in Essigbakterien eingebettet sind. Die von Lindner stammende Adhäsionskultur ist bei 600facher Vergrösserung photographiert worden.

Das Temperaturoptimum für den Milchsäurepilz liegt zwischen 30 und 45° C. Da nun aber gleichzeitig die günstigste Temperatur für die Buttersäuregärung 41° C. beträgt, so hält man im Brennereibetriebe die Milchsäuremaischen zwischen 50 und 53° C., um keine schädlichen Nebengärungen aufkommen zu lassen.

Zu denselben zählt auch die von den Buttersäurebakterien hervorgerufene Zersetzung der Zuckerarten und der Milchsäure bzw. der milchsauren Salze.

Clostridium butyricum ist der Hauptvertreter der zur Gruppe der Buttersäureorganismen gehörenden Spaltpilze, welche in mannigfachen Abarten vorkommen. Sie sind weit verbreitet und treten im Brennereibetriebe immer da auf, wo eine nicht geregelte Milchsäuregärung stattgefunden hat.

Das Clostridium butyricum gehört zu den anaëroben Spaltpilzen, das heisst, es wächst und ruft Gärung ohne die Gegenwart von Luft hervor. Es sind zumeist kurze, plumpe Stäbchen, die aber auch unter Umständen eine erhebliche Länge erreichen können. Die Sporenbildung ist bei ihnen schön zu beobachten. Bei derselben schwellen die vegetativen Zellen citronen- oder keulenförmig an; die Sporen sind von ellipsoïdischer Gestalt. Beim Auskeimen vergrössern sich dieselben namentlich in der Längsrichtung, worauf an einem Pol der Keimfaden die Membran durchbricht und in der Richtung der Längsachse hinauswächst.

Abschnitt V. Die Essigbakterien.

Der innere Zusammenhang, welcher zwischen der Essiggärung und dem Auftreten von hautbildenden Organismen auf in Essiggärung befindlichen Flüssigkeiten besteht, wurde von dem deutschen Botaniker Kützing ermittelt. Bereits im Jahre 1837 beschreibt dieser Forscher die sogenannte Essigmutter als aus winzigen, punktförmigen Wesen zusammengesetzt bestehend. Er erwähnt auch die Kettenbildung bei den essigbildenden Organismen, die er zwar nicht den Spaltpilzen, sondern den Algen zurechnete.

Kützing gab diesen Organismen den Namen

Ulvina aceti.

Durch die Lebenstätigkeit der Ulvina aceti wird, wie Kützing als erster aussprach, der Alkohol geistiger Flüssigkeiten in Essigsäure umgewandelt.

Stack erkannte die Essigpilze als Bakterien (1863).

Von den weiteren Arbeiten über die Essigpilze verdienen sodann die Untersuchungen Pasteurs erwähnt zu werden. Niedergelegt sind dieselben in der Broschüre „Etudes sur le vinaigre, ses maladies etc.“ Deutsche Übersetzung von E. Borgmann, 1878. Auch Ann. scientifiques de l'école normale superieure, 1864. Zwar erkannte auch der französische Gelehrte seine

Mycoderma aceti

nicht als Bacterium, auch arbeitete er nicht mit Reinkulturen. Immerhin sind seine Untersuchungen sowohl in wissenschaftlicher Hinsicht wie im Hinblick auf die praktische Benutzung der Essigpilze von grossem Interesse.

Pasteur zeigte, dass die Mycoderma aceti nicht allein auf Wein und Bier, sondern auch auf künstlichen Nährlösungen wächst, Häute und Essig bildet. Die Zusammensetzung dieser künstlichen Nährlösung wählte er folgendermassen:

12,75 *g* kristallisierte Essigsäure
22,50 „ absoluter Alkohol
0,20 „ Ammonphosphat
0,10 „ Kaliumphosphat
0,10 „ Calciumphosphat
0,10 „ Magnesiumphosphat.

Das Ganze wurde auf einen Liter aufgefüllt.

Von dieser Nährlösung wurden zwei Liter in eine Guttaperchaschale gegossen und auf die Oberfläche der Flüssigkeit eine Spur von Mycoderma aceti, aus einem gärenden Weinessigbottich stammend, gebracht.

Die am dritten Tage entstandene Haut beschreibt Pasteur als einen weichen, ziemlich fest zusammenhängenden homogenen Schleier von ausserordentlicher Feinheit, der später faltig wird.

Die Haut zerriss nicht, obwohl ein Teil der Flüssigkeit während der Gärung aus der Schale mit Hilfe eines Hebers vorsichtig herausgenommen und neue Flüssigkeit durch ein Trichterrohr hinzugefügt wurde.

Während der Gärung wurde in zwei Absätzen Alkohol, und zwar zusammen 100 *ccm* von 90° Tralles, zu den zwei Litern Nährflüssigkeit hinzugegeben.

Nach sechs Tagen waren 126,8 *g* Essigsäure in der Schale enthalten; die Flüssigkeitsmenge betrug nur noch 2020 *ccm*. Es waren also 80 *ccm* verdunstet. Dieses entspricht einem Schwunde von 3,8 pCt.

Aus diesen Angaben berechnet der Verfasser einen Prozentgehalt von 5,76 = 5,8 Säure in dem entstandenen Essig. Da nun die Nährflüssigkeit ursprünglich 1,275 = 1,3 pCt. Essigsäure enthalten hatte, waren durch Gärung 5,8—1,3 = 4,5 pCt. Essigsäure entstanden.

Der Pasteursche Essigpilz bildete sonach nur 4,5 pCt. Essigsäure, eine nicht besonders grosse Menge.

Das Säuremaximum in dem durch Gärung entstandenen Essig betrug 5,8 pCt.

Bei der Gärung trat ein Verlust von 23,2 pCt. an Essigsäure ein.

Die Züchtung der Essigpilze auf künstlichen Nährlösungen sowie auf pasteurisiertem Wein führte zur Einführung des neuen Orléansverfahrens durch Pasteur bei der Weinessigfabrikation, bei dem nicht den Fässern ein Teil des fertigen Weinessigs entnommen und ein entsprechendes Quantum Wein wieder zugeführt wird, sondern bei dem die Fässer oder Kufen nach guter Reinigung mit frischer Weinmaische gefüllt, mit den im kleinen gezüchteten Bakterien geimpft und bis zur Beendigung der Säuerung des Fassinhaltes stehen gelassen werden.

Pasteur stellte auch fest, dass die Mycoderma aceti die von ihr gebildete Essigsäure bei längerem Stehen wieder aufzehrt.

Schon früher hatten van Helmont und Scheele (Scheele, Mémoires de l'Academie royale des sciences de Stockholm, 1782) auf die Tatsache hingewiesen, dass Essig nicht lange ohne Veränderungen zu erleiden, die schliesslich mit einer völligen Zersetzung endigen, bei Sommerwärme aufbewahrt werden könne.

Durch Zopfs Untersuchungen wurde die Ansicht Stacks, dass die Essigpilze den Bakterien zuzurechnen seien, endgültig bewiesen. Auf den Vorschlag von Zopf änderte Hansen auch die Bezeichnungen für die von ihm (1878) entdeckten Essigpilze aus Mycoderma aceti und Mycoderma Pasteurianum in
Bacterium aceti und Bacterium Pasteurianum um.

Von Brown (Journ. chem. Soc. Vol. XLIX, 1886, p. 172) wurde zuerst das

Bacterium xylinum als eine Essigsäure bildende Bakterie näher beschrieben, welche dicke, lederartige Häute auf alkoholischen und essigsauren Flüssigkeiten bildet. In jungen Kulturen gibt der Pilz mit Chlorzinkjod eine violette Färbung und mit konzentrierter Schwefelsäure und Jod eine blaue Färbung (Cellulosereaktion).

Bacterium xylinum oxydiert nach Brown Dextrose zu Glukonsäure, Mannit zu Lävulose und Sorbit zu Sorbose.

Auch Seifert (Centralblatt f. Bakt., Abt. II, Bd. III, 1897, Nr. 13—16) (Referat Deutsche Essigindustrie, 1897, Nr. 40/41) stellte von einem von ihm isolierten Bacterium xylinum fest, dass Sorbit durch den Pilz in eine reduzierende Zuckerart übergeführt wird.

Ein von Henneberg isoliertes Bacterium xylinum oxydierte ausser Äthylalkohol den Propylalkohol, Glykol und Dextrose zu den entsprechenden Säuren. In einer zweiprozentigen Mannitlösung fand eine gute Entwicklung der Bakterie statt; Säure wurde aber hierbei nicht gebildet (Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 15 und 21/22). Henneberg hat leider nicht geprüft, ob sich im letzteren Falle Lävulose gebildet hat oder nicht. Zu einer Säurebildung kommt es nämlich bei dieser

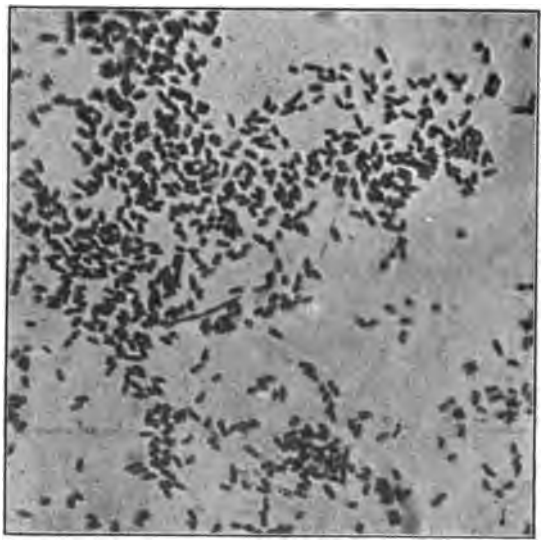


Abb. 59. Bacterium xylinum (Brown).
(5 tägig Würzeagar)
Präparat von Henneberg; gefärbt mit Gentianaviolett;
photographiert von Wibiral; Vergrösserung 1200 fach.

Einwirkung nicht. Die Reaktion verläuft vielmehr nach Seifert nach folgender Formelgleichung:

$$\underbrace{CH_2(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH_2(OH)}_{\text{Mannit}} + \underbrace{O}_{\text{Sauerstoff}}$$

$$\underbrace{CH_2(OH)\cdot CO\cdot C(OH)H\cdot CH(OH)\cdot CH(OH)\cdot CH_2(OH)}_{\text{Lävulose}} + \underbrace{H_2O}_{\text{Wasser}}$$

Das Bertrandsche Bacterium xylinum (Compt. rend. F.) (CXXII, 1896, S. 900.) verwandelt den Sorbit auch in eine linksdrehende Zuckerart, Sorbose.

Den Veröffentlichungen Hennebergs über das Bacterium xylinum in Nr. 15 der „Deutschen Essigindustrie“ 1906, ist noch folgendes zu entnehmen:

Die Hautbildung ist stets zäh und lederartig. Es bildet sich zunächst eine wasserhelle, später weissliche, dicke Haut, die mit der

Platinnadel nicht zerteilt werden kann. Diese Haut entsteht entweder von Anfang an als eine, die gesamte Flüssigkeitsoberfläche bedeckende wasserhelle, gallertartige Masse, oder es bilden sich zunächst feste Inseln mit etwas dichterem Mittelpunkte und wasserhellem Rande.

Schwärmzellen fehlen.

Die Häute geben mit Jod und Schwefelsäure die Cellulosereaktion.

Die Form der Zellen ist länglich fadenartig, oder aber auch kurz- und langstäbchenförmig. Besonders hervorzuheben sind die spiralig oder auch unregelmässig gewachsenen Zellfäden und die häufig auftretenden

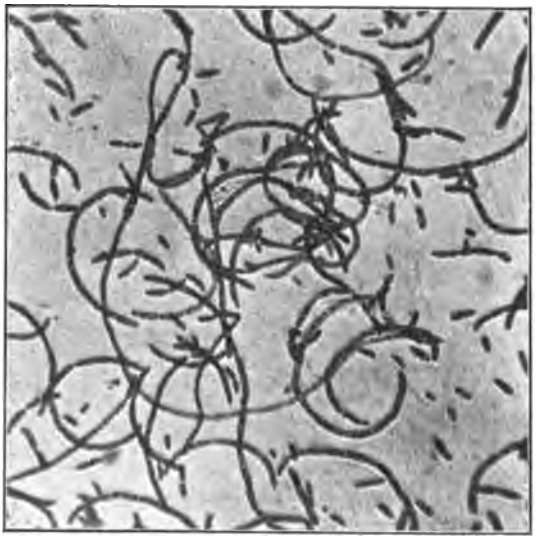


Abb. 60. Bacterium xylinum.
(Bier 2 tägig.)
Präparat von Henneberg; gefärbt mit Gentianaviolett; photographiert von Wibiral; Vergrösserung 1200 fach.

hypertrophischen Formen. Neben einzelnen Zellen kommen auch Zellketten mit mehr oder weniger regelmässig gestalteten Einzelgliedern vor.

Sehr verschieden sind die Dimensionen der Zellen. In Würze betrugen sie nach fünf Tagen bei einzelnen Zellen 2 : 0,5 μ und bei Zellfäden 19—37 : 0,5 μ.

Auf unverdünnten Weinessigmaischen konnte die Bakterie nicht zur Entwicklung gebracht werden; dagegen in solchen, denen 40 bis 50 pCt. Wasser zugesetzt worden war.

Gutes Wachstum, bezw. Säuerung, fand statt in Hefewasser, dem 2 pCt. folgender Zuckerarten usw. zugesetzt waren: Dextrose, Lävulose, Arabinose, Galaktose, Rohrzucker, Raffinose, Propylalkohol, Glycerin,

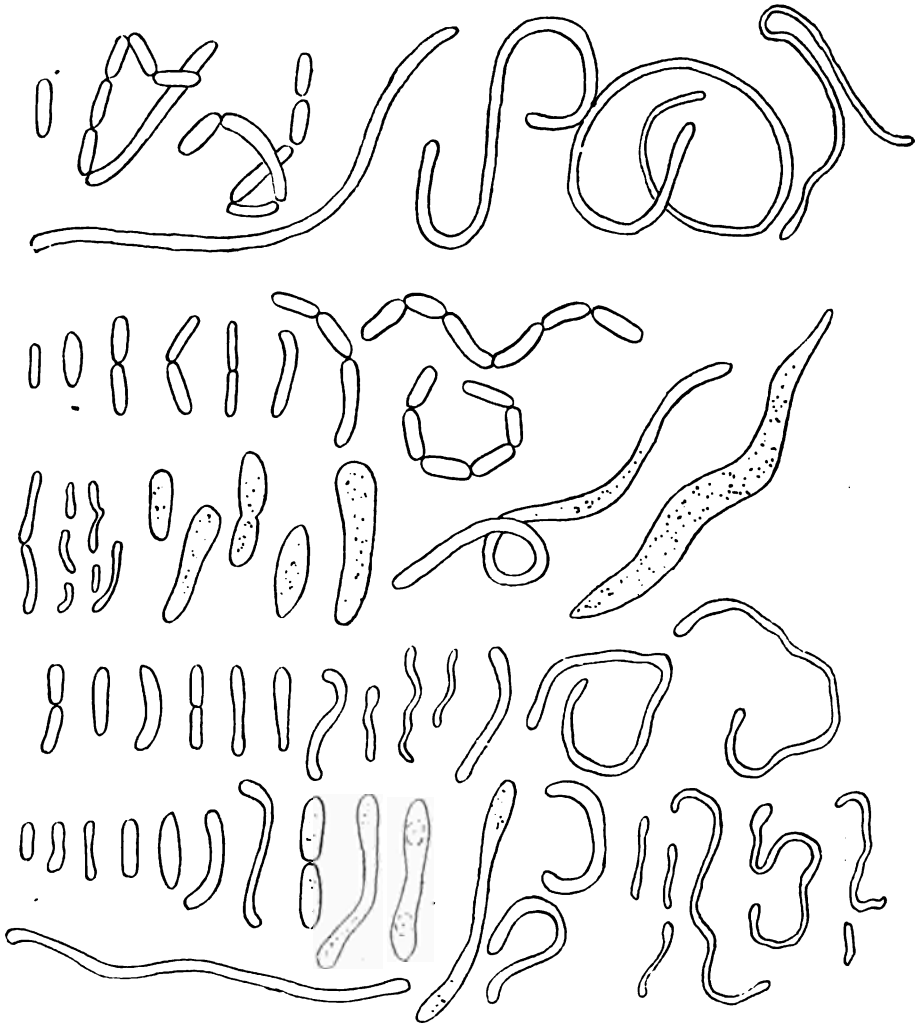


Abb. 61. Bacterium xylinum. Von Henneberg gezeichnet.

Reihe 1. Würze 3 pCt. Alkohol 2 tägig (28° C.).
„ 2. Würzeagar 2 tägig (30° C.).
„ 3. Zuckeragar 15 tägig.
„ 4. Hefewasser 10 pCt. Rohrzucker 9 tägig.
„ 5. Biergelatine ohne Zucker 23 tägig — rechts dünne Zellen aus Biergelatine mtt 10 pCt. Rohrzucker.

Erythrit und Mannit. Milchzucker wurde nicht gesäuert, es fand aber eine Entwicklung der Bakterie statt.

Henneberg fand als Maximum der von Bacterium xylinum gebildeten Essigsäure 4,5 pCt.

Ein Bacterium xylinum, welches zu einer dicken, fingerförmigen Masse angewachsen ist, beschreibt Lindner in seinem Buche „Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben", IV. Auflage:

Abb. 62. Bacterium xylinum, im Halse einer Weissbierflasche gewachsen.

Die Bakterie stammt aus einer Weissbierflasche, in der sie zu der starken Wucherung, wie die beigefügte Abbildung zeigt, herangewachsen ist und so den Hals der Flasche verschlossen hat. Sie bildete eine bei durchfallendem Lichte gelblich opalisierende, knorpelig feste Masse.

Lindner führt auch in seinem Buche an, dass Bacterium xylinum in den Weinessigkufen südeuropäischer Länder zuweilen bis zu einer solchen Dicke anwächst, dass mehrere Männer die Haut der Bakterie kaum heben können. Es heisst dann: Es sind „Kälber" im Essig.

Brown beschreibt auch ein

Bacterium aceti, das aber nach Seifert nicht mit dem folgenden, von Hansen beschriebenen Essigpilz des gleichen Namens identisch ist.

Das Brownsche Bacterium aceti, welches Schwärmzellen besitzt, oxydiert Äthyl- und Propylalkohol sowie Dextrose und Glykol zu den entsprechenden Säuren. Mannit wird durch Oxydation in Lävulose umgewandelt. Methylalkohol wird indessen nicht verändert.

Die morphologischen Eigenschaften, dasVerhalten auf flüssigen und festen Nährböden, sowie die Lebensbedingungen einiger Arten von Essigbakterien hat als erster

E. Chr. Hansen genau studiert: Siehe Res. du Meddel. fra Carlst. Lab. I, 1876, pag. 96 und 1891, pag 182. Eine Übersetzung der Hansenschen Arbeit bringt die Wochenschrift für Brauerei XI. Jahrgang Nr. 41.

Der dänische Forscher züchtete aus verschiedenen ober- und untergärigen Bieren drei, sich deutlich von einander unterscheidende Essigpilze:

das Bacterium aceti, das Bacterium Pasteurianum und das Bacterium Kützingianum.

Bacterium aceti bildet bei 34° C. auf Bier gewachsen, ein glattes, schleimiges Häutchen, welches eine starke Neigung zur Flockenbildung besitzt; das Bier bleibt indessen blank.

Die Haut von Bacterium aceti — bei 34° C. gewachsen — besteht aus kleinen, sanduhrförmigen Stäbchen; nur ausnahmsweise treten lange, fadenförmige Zellen (namentlich bei hohen Temperaturen) auf. Die Ketten, zu denen die Kurzstäbchen verwachsen sind, erreichen eine erhebliche Länge.

Die Haut von

Bacterium Pasteurianum (Temperatur 34° C.) zeigt Runzeln

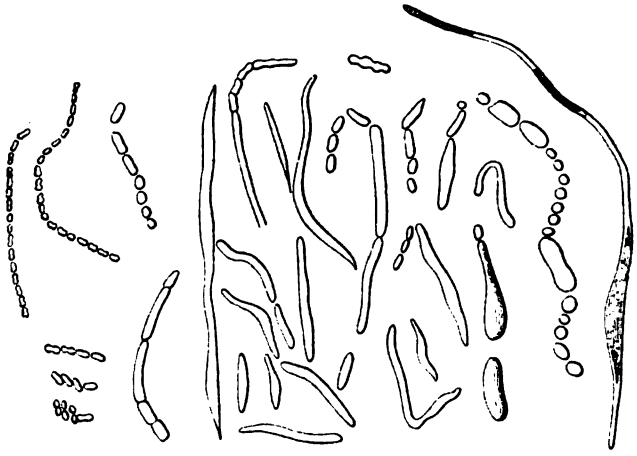


Abb. 63.
Bacterium aceti und Bacterium Pasteurianum. (Nach Hansen.)

und Falten; sie besitzt eine trockene Oberfläche. Die Haut klettert etwas an der Gefässwandung empor. Das Bier bleibt blank.

Die einzelnen Zellen sind länger und hauptsächlich dicker wie bei Bacterium aceti; sie bilden gleichfalls lange Ketten. Involutionsformen treten bei Bacterium Pasteurianum als lange, angeschwollene Fäden in stärkerem Masse als bei Bacterium aceti auf; Temperatur 40—40½° C.

Mit Jodjodkaliumlösung färben sich die Schleimhüllen von Bacterium Pasteurianum blau.

Bacterium Kützingianum bildet auf Bier eine Haut (Temperatur 34° C.), die derjenigen von Bacterium Pasteurianum ähnelt, indessen klettert sie in viel stärkerem Masse an der Wandung des Kulturkolbens in die Höhe. Das Bier trübt sich nach dem Stehenlassen der Kultur bei Zimmertemperatur, um sich später wieder unter Bildung eines Bodensatzes zu klären.

Unter dem Mikroskop zeigt die Haut kleine, meist vereinzelte, selten zu Ketten verwachsene Stäbchen. Die Involutionsformen (bei 40—40½° C.) ähneln denjenigen von Bacterium Pasteurianum; indessen sind die Fäden meist kürzer.

Die Gallerthüllen von Bacterium Kützingianum färben sich mit Jodjodkaliumlösung blau.

Sowohl Bacterium Kützingianum wie Bacterium Pasteurianum verlieren, auf Hefewasser gezüchtet, die Eigenschaft, durch Jodlösung blau gefärbt zu werden. Durch Zusatz von Traubenzucker oder Alkohol zum Hefewasser kehrt aber diese Reaktionsfähigkeit wieder.

Abb. 64. Bacterium aceti (Hansen).
(Lagerbierkultur.)
Präparat von Henneberg; gefärbt mit Gentianaviolett; photographiert von Wibiral; Vergrösserung 1200fach.

Die Abbildung 63 zeigt links Bacterium aceti und rechts Bacterium Pasteurianum.

Auf die Variation der Zellen der Essigbakterien und besonders auf den Reichtum an Formen, sowie auf die die Veränderlichkeit begünstigenden Faktoren hat zuerst auf Grund ausführlicher Untersuchungen Hansen hingewiesen.

Hansen beobachtete, dass Essigbakterien 4—10 Jahre in Lagerbier am Leben bleiben. In getrockneter Form lebten dagegen die Bakterien nur 5—10 Monate. (Compt. rend.: des travaux du laboratoire de Carlsberg. 1900, T. V. Live I und Deutsche Essigindustrie (1901, Nr. 8 fg.)

Lafar (Centralblatt f. Bakteriologie, Abt. II, 1893/95) fand das Säuerungsmaximum für Bacterium Pasteurianum bei 24—25° C. mit 6,8 Gewichtsprozent Essigsäure. Er stellte auch fest, dass die Gesamtsäure bei längerem Stehenlassen der Kultur — zwei Monate nach Beginn der Lebenstätigkeit der Bakterie bei 24—25° C. — wieder aufgezehrt wird; es bildet sich Kohlensäure und Wasser.

Henneberg beobachtete bei der Untersuchung der drei Hansenschen Essigbakterien (Deutsche Essigindustrie 1897, Nr. 45, und 1898, Nr. 15 und Nr. 22) folgendes:

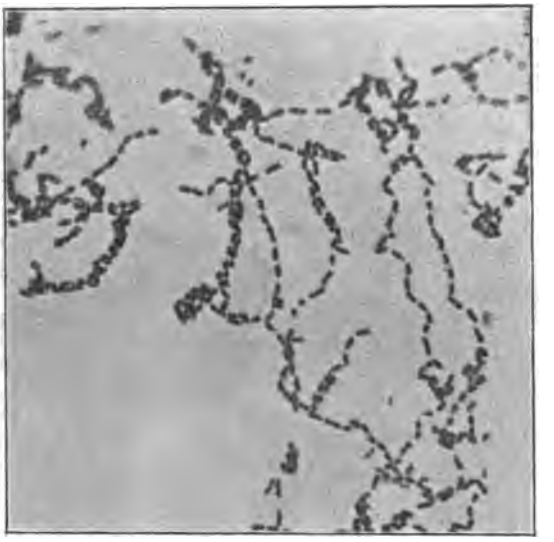


Abb. 65. Bacterium aceti (Hansen).
(3 tägige Bierkultur.)
Präparat von Henneberg; gefärbt mit Gentianaviolett; photographiert von Wibiral; Vergrösserung 1200fach.

Bacterium aceti (Hansen) bildet eine feuchte, schleimige Haut, die häufig marmoriert ist. Beim Schütteln der Flüssigkeit bilden sich feine Fetzen. Die Trübung ist selten deutlich. Die Bakterie klettert nicht.

Die Zellen kommen einzeln und zu Ketten verwachsen vor. Als hypertrophische Formen treten häufig lange Fäden auf. Das Temperaturoptimum liegt bei 34° C., das Maximum bei 42° C. Der gebildete Essig riecht scharf. Die Säure wird wieder verzehrt, und zwar schon bevor sämtlicher Alkohol verbraucht ist. Oxydiert werden neben Äthylalkohol auch normaler Propylalkohol, Glykol und Dextrose.

Bei vermindertem Luftzutritt findet bisweilen Aldehydbildung statt.

Säuremaximum: 6,8 pCt.

Vorkommen: Oft in untergärigen Bieren.

Bacterium Pasteurianum. Die zunächst schleimige Haut wird später trockener, marmoriert und bildet feine Falten. Sie wird öfters ziemlich dick, klettert nicht und sinkt, beim Schütteln grosse Fetzen bildend, zu Boden. Die Flüssigkeit bleibt völlig klar.

Die Zellen sind gross und breit und bilden stets sehr gute Ketten. Die Involutionsformen entstehen leicht als stark aufgetriebene Zellen oder desgleichen Fäden. Temperaturoptimum bei 34° C., -maximum bei 42° Cels.

Mit Jodlösung Blaufärbung.

Abb. 66. Bacterium Pasteurianum (Hansen).
(Bierkultur.)
Präparat von Henneberg; gefärbt mit Gentianaviolett; photographiert von Wibiral; Vergrösserung 1200fach.

Der gebildete Essig zeigt einen scharfen Geruch; die Säure wird von der Bakterie wieder aufgezehrt. Oxydiert werden Äthyl- und normaler Propylalkohol; ferner Glykol und Dextrose.

Säuremaximum: 6,2 pCt.

Vorkommen: In obergärigen Bieren häufig.

Bacterium Kützingianum. Die Haut ist gleichmässig und schleimig.

Sie klettert stark und verteilt sich leicht beim Schütteln. Die Flüssigkeit ist stets getrübt.

Die Zellen treten fast stets einzeln auf und sind von ziemlich kleinen Dimensionen. Involutionsformen kommen selten vor; sie be-

stehen meist aus kurzen, wenig angeschwollenen Fäden. Temperaturoptimum und -maximum wie bei Bacterium Pasteurianum.

Jodlösung färbt blau.

Der Essig ist meist von scharfem Geruch.

Oxydationsvermögen wie bei Bacterium Pasteurianum.

Säuerungsmaximum: 6,6 pCt.

Vorkommen: In obergärigen Bieren.

Seifert (Centralbl. f. Bakt., Abt. II, Bd. III, 1897, Nr. 13—16) fand, dass Bacterium Pasteurianum und auch Bacterium Kützingianum die Essig-

Abb. 67. Bacterium Pasteurianum.
(3 tägige Bierkultur.)
Präparat von Henneberg; gefärbt mit Gentianaviolett; photographiert von Wibiral; Vergrösserung 1200 fach.

säure wieder aufzehren, zu Kohlensäure und Wasser weiter oxydieren und dass diese Bakterien sowohl normalen wie Isobutylalkohol zu den entsprechenden Buttersäuren oxydieren. Als Nährflüssigkeit diente ungehopfte Bierwürze. Wurde Hefewasser verwendet, so fand eine Umsetzung nicht statt. Hinsichtlich des normalen Propylalkohols, der Dextrose und des Glykols waren die Resultate Seiferts mit den Hennebergschen identisch. Methyl- und Isopropylalkohol wurden nicht angegriffen.

Das Oxydationsvermögen dem Mannit gegenüber ist nach Seifert bei Bacterium aceti (Hansen) jedenfalls erheblich geringer als bei Bacterium aceti (Brown). Es ist indessen immerhin vorhanden, denn Mannit

wird zu Lävulose oxydiert; cfr. die Originalarbeit und Deutsche Essigindustrie 1897, S. 323.

Beijerinck (Centralbl. f. Bakt., Abt. II, 1898, Nr. 6) fand, dass Bacterium Pasteurianum auf Biergelatine nicht selten Ausläufer des Impfstriches bildet, welche die Fähigkeit, sich mit Jodjodwasserstoff blau zu färben, erblich verloren haben und die sich in jeder Hinsicht wie Bacterium rancens (siehe weiter hinten) verhalten.

Von Lindner wurde aus Bier das Bacterium aceti albuminosum isoliert. Die Bakterie, welche in Abbildung 69 in 600facher Ver-

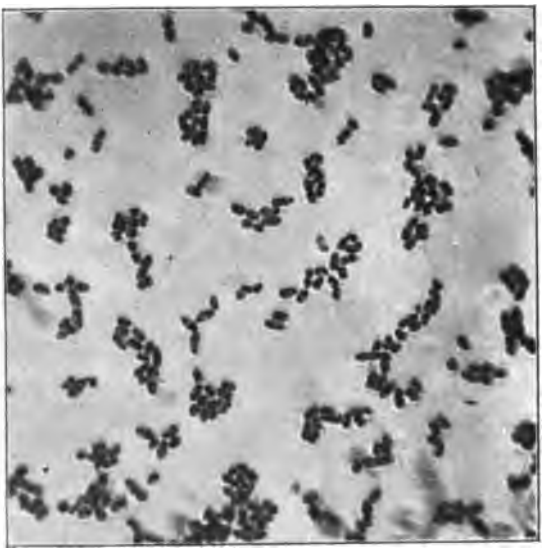


Abb. 68. Bacterium Kützingianum (Hansen).
(Bierkultur.)
Präparat von Henneberg; gefärbt mit Gentianaviolett; photographiert von Wibiral; Vergrösserung 1200fach.

grösserung abgebildet ist, wächst auf Bierwürze zu einem schleimigen Häutchen aus, das beim Schütteln nicht leicht zerreisst. Der sich schliesslich bildende Bodensatz ist geschichtet und schleimig-voluminös. Der Impfstrich von Bacterium albuminosum auf Würzegelatine ist durchscheinend und milchig-glasig.

Das mikroskopische Bild zeigt kurze Stäbchen; Involutionsformen kommen indessen auch vor.

Die höchste von Lindner in Bier (in mit Wattepfropfen versehenen Flaschen aufbewahrt) beobachtete Säuerung trat bei 20° C. ein und betrug 3,7 pCt. Essigsäure.

Lindner bringt in seinem Atlas auch die Abbildung einer aus

Breslauer Kretschmerbier stammenden Essigbakterie bei 1200facher Vergrösserung als Tröpfchenkultur; siehe Abbildung 70.

Zeidler fand in einem trüben, aus Berlin stammenden Biere eine Essigbakterie, die er als Bacterium aceti friabile bezeichnete. Abbildung 71 zeigt Zellen dieses Pilzes bei 600facher Vergrösserung. Die Neigung zur Bildung von Involutionsformen scheint bei Bacterium friabile nicht stark zu sein. Auf gehopfter Würze bildet diese Bakterie ein weissliches, bröckliges Häutchen, das bei Erschütterungen leicht zu Boden sinkt, einen Satz von Hautstückchen bildend. Auf Würzegelatine übertragen, entsteht ein mattglänzender, rundlich gewölbter Impfstrich von ziemlich derber Konsistenz.

In Bier, das in einer mit einem Wattebausch verschlossenen Flasche aufbewahrt wurde, stellte Lindner bei 20° C. als Maximum eine Säuerung von 4,0 pCt. Essigsäure fest (Centralbl. f. Bakt., Abt. II, 1896, Nr. 23/24).

Abb. 69.
Bacterium aceti albuminosum.

Abb. 71.
Bacterium aceti friabile.

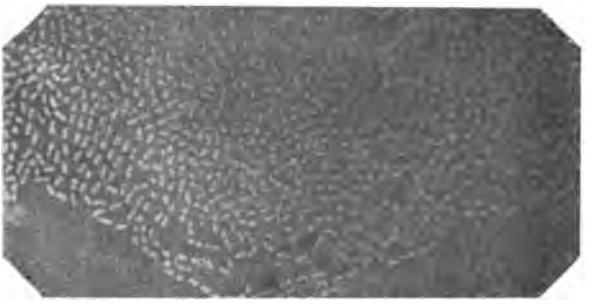


Abb. 70.
Essigbakterie aus Kretschmerbier.

Termobacterium aceti (Zeidler). Diese Bakterie zeigt, wie schon der Name erkennen lässt, eine starke Bewegungsfähigkeit. Das Schwärmvermögen verliert sich in Bier erst bei einer Säuerung von 1,8—2,1 pCt. Essigsäure. — Wein übt, jedenfalls wegen seines höheren Alkoholgehaltes, auf die Eigenbewegung der Stäbchen einen hemmenden Einfluss aus. Es entsteht auf demselben bald ein feines Häutchen, worauf ein Ruhezustand der Zellen eintritt.

Der höchste von der Bakterie gebildete Säuregehalt beträgt nach den Zeidlerschen Versuchen 3,9 pCt. Die von der Bakterie gebildete Essigsäure wird zu Kohlensäure und Wasser weiter oxydiert; indessen nur bei niederem Säuregehalt. Schon ein Gehalt von 2,6 pCt. verhindert die Oxydation. In Würze entsteht unter der Einwirkung der Bakterie fixe Säure; nach Zeidler jedenfalls Milchsäure.

Eine Würze mit 6 pCt. Alkoholgehalt erwies sich als für die Säurebildung der Bakterie am günstigsten. Bei höherem Alkoholgehalt wird

die Bakterie in ihren Lebensäusserungen gehemmt. Ebenso wirkt ein höherer Säuregehalt, während geringe Mengen Essigsäure anregen.

In Bierwürze macht sich bald nach dem Impfen eine wolkenähnliche Trübung an der Oberfläche der Flüssigkeit bemerkbar; nach kurzer Zeit ist die ganze Flüssigkeit schmutzig gelbbraun gefärbt. Der den Termobakterien sonst eigentümliche sellerieartige Geruch tritt dabei nicht auf. Eine Hautbildung kommt höchstens in Form kleiner, leicht untergehender Inselchen zustande. Nach vollendeter Gärung sammelt sich am Boden des Gefässes ein starkes, lockeres Sediment von bräunlicher Färbung. Die überstehende Flüssigkeit ist klar, aber stark opalisierend.

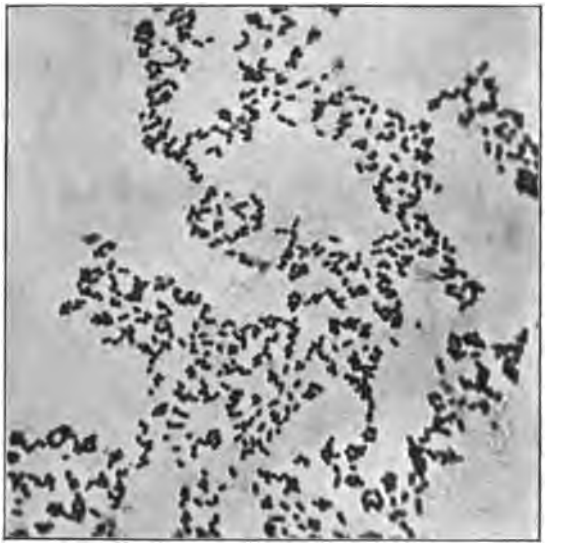


Abb. 72. Bacterium acetosum (Henneberg).
(Lagerbierkultur.)

In Bier entwickelt sich die Bakterie langsamer als in Würze, indessen ist die Inselbildung reichlicher. Ein Zusammenwachsen zu einer, die ganze Oberfläche überziehenden Haut, wurde auch bei Bier nicht beobachtet. Näheres siehe Centralbl. f. Bakt., Abt. II, 1896, Nr. 23/24.

Nach Henneberg, der mit einer Abimpfung der Zeidlerschen Originalkultur gearbeitet hat, klettert Termobacterium aceti (Zeidler) an den Glaswänden des Kulturgefässes empor. Die sehr zarte Haut ist nur in jungen Kulturen deutlich. Die Flüssigkeit trübt sich sehr stark. Der Essig ist in jungen Kulturen essigätherhaltig. Als grösste bisher beobachtete Essigmenge, die von der Bakterie produziert wird, gibt Henneberg 6,06 pCt. an (Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 21 und 22). Bei vermindertem Luftzutritt findet Aldehydbildung statt.

Henneberg isolierte zahlreiche Essigbakterien, die er im Centralbl. f. Bakteriologie, Abt. II, 1897 Nr. 9/10, 1898 Nr. 1—4 und in der Deutschen Essigindustrie 1898, Nr. 14/15, 19—23, sowie 1906 Nr. 11 ff., ausführlich beschrieben hat.

Bacterium acetosum. Ziemlich feste, zunächst glatte, später feingefaltete Haut, die schliesslich das Aussehen wie eine Mycodermahaut annimmt; sie klettert nicht. Wird die Flüssigkeit geschüttelt, so geht die Haut in grossen Fetzen unter, wobei die Flüssigkeit klar bleibt. Die einzelnen Zellen, welche die Grösse wie bei Bacterium Pasteurianum besitzen, sind zu Ketten verwachsen. Die Zellen bleiben selbst beim Herausnehmen mit dem Platindraht im Verbande.

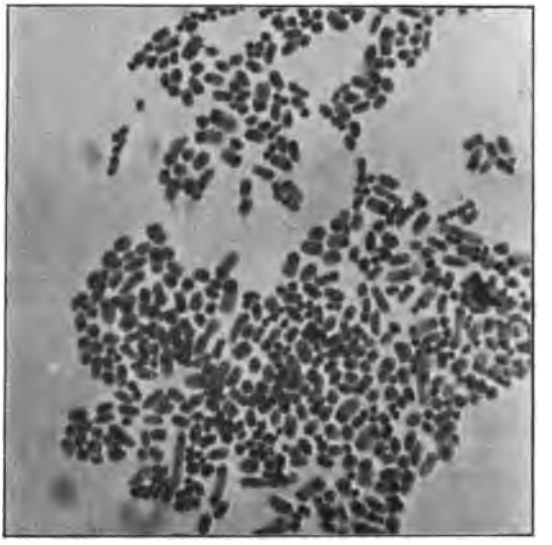


Abb. 73. Bacterium acetosum. Involutionsformen.

Die Involutionsformen bestehen in langen, dünnen Fäden oder in sehr stark aufgeschwollenen Zellen.

Temperaturoptimum 28° C.; Temperaturmaximum 36° C.

Der gebildete Essig enthält Essigäther. Bisweilen wurde bei mangelhafter Luftzufuhr Aldehydbildung beobachtet. Die Säure wird wieder verzehrt, und zwar schon bevor sämtlicher Alkohol in Essigsäure umgewandelt ist.

Oxydiert werden: Äthylalkohol, Propylalkohol, Glykol, Dextrose, Arabinose und Galaktose.

Säuremaximum: 6,6 pCt.

Fundort: Döllnitzer Gose.

Bacterium oxydans. Die Hautbildung ist nicht sehr ausgesprochen.

Zunächst bilden sich Inselchen, die zu einer zarten, etwas schleimigen Haut zusammenwachsen.

Die Haut klettert ziemlich hoch.

Die Zellen schwärmen; aber nur kurze Zeit. Alte Kulturen, auf Bier übertragen, zeigen keine Schwärmzellen mehr.

Die Zellen sind gross und nur anfangs zu schönen Ketten vereinigt. Als Involutionsformen kommen Fäden mit knopfförmigen, kurzen Seitenästen vor.

Temperaturoptimum 18—21° C.; Maximum 33° C.

Der Essig riecht scharf und wird nicht wieder aufgezehrt. Zuweilen tritt Aldehydbildung ein.

Abb. 74. Bacterium acetosum. Involutionsformen.

Oxydiert wurden: Äthylalkohol, Propylalkohol, Glykol, Glycerin, Erythrit, Mannit, Lävulose, Dextrose, Maltose, Galaktose, Arabinose und Dextrin. Eine Dextrinlösung wird nicht schleimig (cfr. Bacterium industrium).

Säuremaximum: 2 pCt.

Fundort: Untergäriges Hallenser Bier.

Bacterium industrium (von Lindner isoliert). Es bildet eine durchsichtige, schleimige, wenig zusammenhängende Haut, die nicht klettert. Sie verteilt sich beim Schütteln als schleimige Flocken, wobei die Flüssigkeit klar bleibt.

Die Zellen schwärmen und zwar zuweilen sehr lange. Nach etwa 14tägigem Verweilen auf Gelatine geht das Schwärmvermögen verloren.

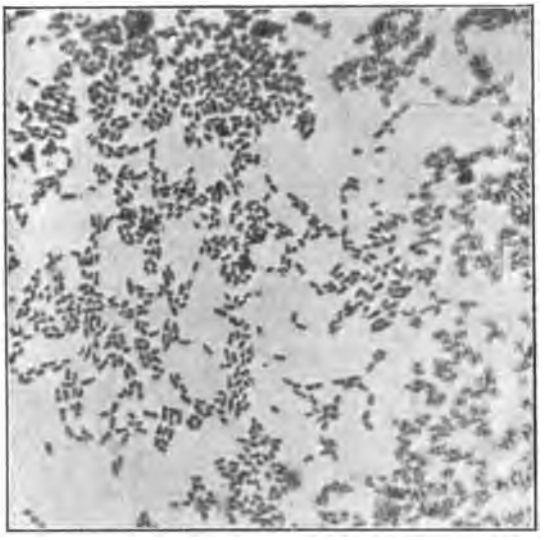


Abb. 75 Bacterium oxydans (Henneberg).
(Lagerbierkultur.)

Abb. 76. Bacterium oxydans. Involutionsformen.
(2 tägige Bierkultur 26°.)

Kettenbildung ist nicht deutlich erkennbar. Die Länge der bei Zimmertemperatur gewachsenen Zellen beträgt 1,6—1,8 μ und die Breite 0,8—1,2 μ. Involutionsformen treten selten auf. Sie bestehen aus Fäden mit kugeligen Anschwellungen.

Temperaturoptimum 25° C., Maximum 36° C.

Der Essig ist stets sehr aldehydhaltig; er wird nicht weiter oxydiert.

Oxydiert werden aber: Äthylalkohol, Propylalkohol, Glykol, Glycerin, Mannit, Lävulose, Dextrose, Rohrzucker, Maltose, Milchzucker, Galaktose, Arabinose, Dextrin und Stärke. Würze wird dementsprechend stark

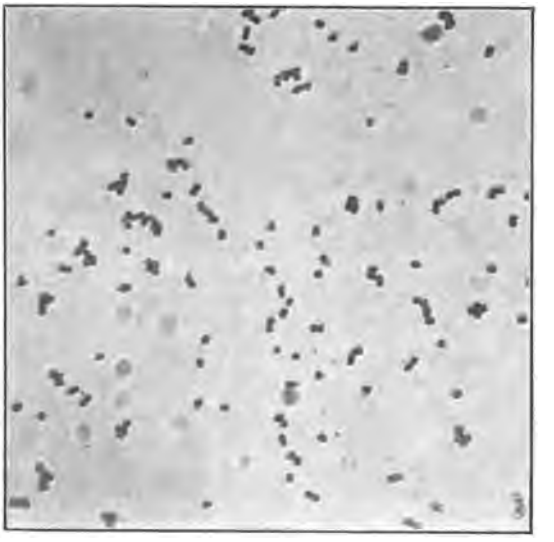


Abb. 77. Bacterium ascendens (Henneberg).
(3 tägige Bierkultur.)

gesäuert. Dextrinlösungen werden dick-schleimig (cfr. Bacterium oxydans).

Säuremaximum: 2,8 pCt.

Gefunden wurde die Bakterie in einer amerikanischen Hefe von Lindner; später in der Würze der Versuchsbrauerei von Henneberg.

Bacterium ascendens. Die Bakterie bildet eine sehr zarte, gleichmässige Haut.

Dieselbe steigt an der Gefässwand auffallend hoch empor; oft 8 *cm* und mehr. Die Haut zerteilt sich sehr leicht, wodurch ein feinflockiger Bodensatz entsteht, welcher sehr an obergärige Hefe erinnert. Die Flüssigkeit ist stets getrübt.

Das mikroskopische Bild lässt vorwiegend einzelne Zellen oder Zell-

paare und nur vereinzelt längere Kettenbildungen erkennen. Die einzelnen Zellen sind ziemlich gross, 1,8—2 μ lang und 1,2—1,6 μ breit. Schwärmzellen finden sich nicht. Involutionsformen in Gestalt von langen schlauchförmigen, wenig verdickten Fäden sind selten.

Temperaturoptimum 27° C., Maximum 42° C.

Der Essig besitzt einen scharfen Geruch. Die Säure wird zu Kohlensäure und Wasser weiter oxydiert. Bei geringen Säuregraden bzw. bei jungen Häuten entsteht Essigäther; mit zunehmendem Alter der Kultur verschwindet der Ester wieder.

Oxydiert werden: Äthylalkohol, Propylalkohol und Glykol.

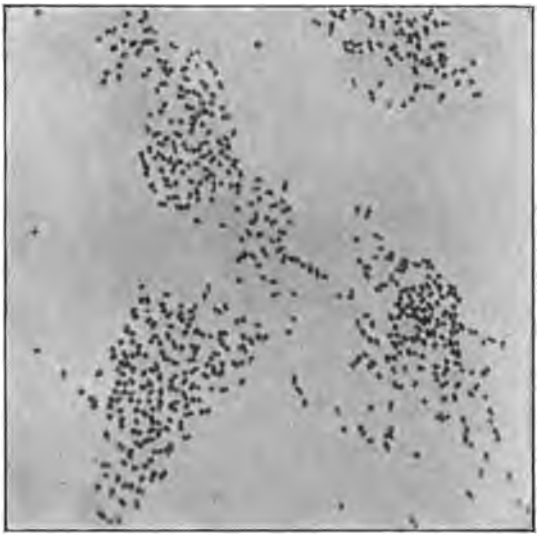


Abb. 78. Bacterium ascendens.
(Tupfpräparat: Asparagin-Hefewasser degeneriert.)

Zuckerarten, selbst Dextrose werden nicht oxydiert.

Säuremaximum 9 pCt.

Gefunden wurde die Bakterie in einem trüben Weinessig von 6,84 pCt. Essigsäuregehalt.

Bei der Anwesenheit von Stärkesirup, und zwar viel davon (bis 10 pCt.), kann Bacterium ascendens den Stickstoffbedarf aus Ammonsalzen decken. Auch Asparagin und Pepton dienen in Gegenwart von Stärkesirup als Stickstoffquellen.

Bacterium acetigenum. Die ziemlich fest zusammenhängende Haut ist dünn und gleichmässig; sie zeigt einen matten Glanz. Beim Schütteln sinkt die Haut als einheitlicher Lappen zu Boden. Eine Trübung ist meist nicht vorhanden. Die Haut klettert nicht.

Die einzelnen Zellen sind klein, rundlich und nicht zu Ketten verwachsen. Involutionsformen, die selten beobachtet werden, treten in Gestalt stark aufgetriebener, kugliger Zellen auf.

Schwärmzellen kommen auch in älteren Kulturen vor.

Temperaturoptimum 33° C.

Bei der Behandlung mit Schwefelsäure und Jod tritt zuweilen Blaufärbung ein.

Der Essig enthält in jungen Kulturen viel Essigäther; in älteren Kulturen verschwindet der Ester wieder. Die Essigsäure wird wieder völlig zu Kohlensäure und Wasser verbrannt.

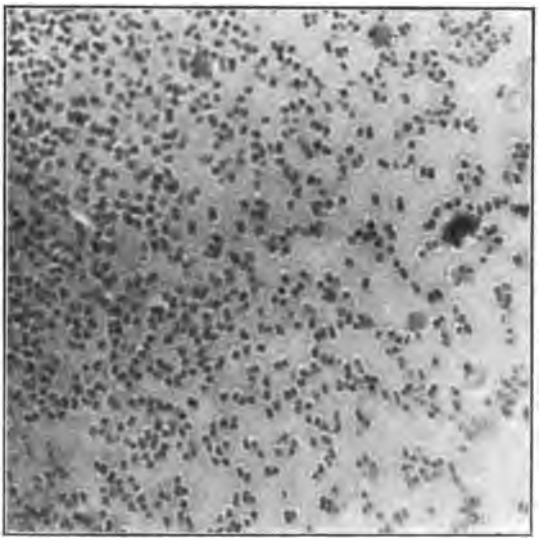


Abb. 79. Bacterium acetigenum (Henneberg).
(3 tägige Bierkultur.)

Oxydiert werden: Äthylalkohol, Propylalkohol, Glykol und Dextrose.

Die Bakterie wächst sehr gut auf künstlichen Nährlösungen, besonders auch auf solchen, die Mannit(!) und Glycerin enthalten.

Säuremaximum 3,84 pCt.

Isoliert wurde die Bakterie wiederholt aus Schnellessigbildnern. Henneberg spricht sie als Schnellessigbakterie an (Deutsche Essigindustrie, 1898, S. 179).

In künstlichen Nährlösungen entwickelt sich Bacterium acetigenum im Gegensatz zu den anderen von Henneberg untersuchten Essigbakterien allein gut. Diese künstlichen Nährlösungen enthielten Phosphate, Sulfate, etwas Chlornatrium und entweder Ammonphosphat oder Asparagin als Stickstoffquelle. Als Kohlenstoffquelle diente Dextrose und

Stärkesirup. Durch Pepton wird die Bakterie besser ernährt als durch Asparagin. Aber auch Ammonsalze können bei Gegenwart von Stärkesirup (Dextrose) den Stickstoffbedarf allein decken.

Durch erhöhten Zusatz von Sirup (Stärkesirup) zu den Nährlösungen wurde im allgemeinen die Entwicklung der Bakterie eine bessere und der Säuregehalt höher, da die Essigsäure wohl nur dann, wenn keine günstigere Nahrung mehr vorhanden ist, in grösserer Menge angegriffen wird.

Den Hennebergschen Arbeiten über die zuvor genannten Bakterien ist noch folgendes zu entnehmen:

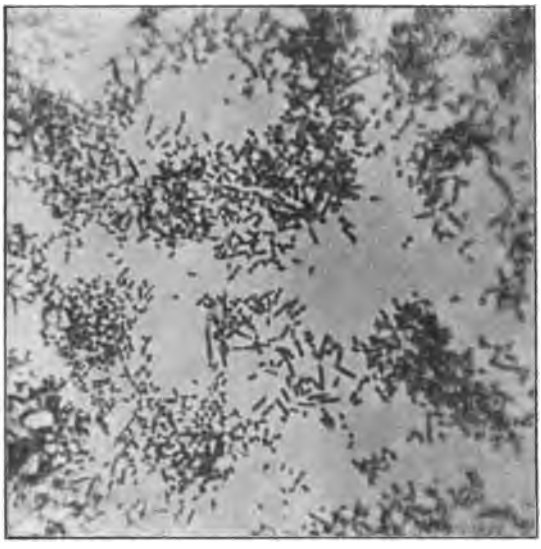


Abb. 80. Bacterium acetigenum. Involutionsformen. (Hefewasser.)

Im allgemeinen entwickeln sich Essigbakterien besser in Nährflüssigkeiten, denen ausser Stärkesirup oder Dextrose auch noch Alkohol zugesetzt ist.

Pepton, Asparagin und Ammonphosphat sind gute Nährmittel; letzteres aber nur, wenn es in verhältnismässig geringen Mengen den Nährflüssigkeiten zugesetzt wird. Bei einem Gehalt von 10 pCt. Ammonphosphat fand keine Entwicklung der Essigpilze mehr statt. Bacterium Pasteurianum und Bacterium Kützingianum hatten sich auch bei einem Gehalt von 5 pCt. Ammonphosphat nicht mehr in der Nährlösung entwickelt.

(Bei den Schnellessigmaischen muss bekanntlich noch ganz erheblich weniger phosphorsaures Salz verwendet werden. Der Verfasser.)

Weinsäure erwies sich nach den Hennebergschen Versuchen als

stark entwicklungshemmend für Essigpilze. Bei einem Gehalt von 1 pCt. wuchsen nur Bacterium oxydans und Bacterium industrium; Bacterium acetigenum versagte schon bei 0,5 pCt.

Bernsteinsäure liess bei einem Gehalt von 1,2 pCt. Bacterium acetosum und Bacterium xylinum noch gut zur Entwicklung kommen. Bacterium acetigenum und Bacterium aceti (Hansen) entwickelten sich noch bei 0,5 pCt. Dagegen fand bei Bacterium oxydans und Bacterium Pasteurianum schon bei einem Gehalt von 0,3 pCt. freier Säure keine Entwicklung mehr statt.

Bacterium acetosum, Bacterium acetigenum und Bacterium aceti (Hansen) hatten die Bernsteinsäure teilweise zersetzt.

In apfelsäurehaltiger Nährlösung entwickelte sich Bacterium acetosum und Bacterium xylinum bei 1 pCt. dieser Säure nur wenig, Bacterium acetigenum bei 0,6 pCt. noch gut. Bacterium acetosum und Bacterium acetigenum griffen die Säure an.

Traubensäure. Bei 0,5 pCt. zeigten Bacterium xylinum und Bacterium acetosum nur schwache Entwicklung. Diese Pilze und Bacterium acetigenum griffen die Säure an. Bacterium Pasteurianum und Bacterium Kützingianum hatten sich selbst bei einem Gehalt von nur 0,36 pCt. nicht entwickelt.

Die Kalksalze der vorstehend genannten Säuren liessen die Pilze meist gut zur Entwicklung kommen.

Ein Zusatz von Essigsäure (in Gestalt von Gärungsessig verwendet) zur Nährflüssigkeit wirkt hemmend auf die Entwicklung der Essigbakterien. Bei einem Gehalt von 1,5 pCt. Essigsäure entwickelten sich aber noch alle zehn von Henneberg untersuchten Arten. Bacterium oxydans, acetosum, aceti (Hansen) und industrium versagten bei 2,1 pCt. Bei einem Gehalt von 3 pCt. Essigsäure entwickelte sich nur noch Bacterium acetigenum. Selbst also Bacterium ascendens, welches doch bis zu 9 pCt. Säure und mehr zu bilden imstande ist, ging bei einem Gehalt von 3 pCt. Säure in der Nährflüssigkeit nicht mehr an.

Die Essigpilze sind auch verschieden empfänglich für den Alkoholgehalt der Nährflüssigkeiten. Die Grenzen, bis zu denen noch Entwicklung und Säurebildung stattfindet, liegen für die untersuchten Arten bei 6 bis 7 pCt. (Bacterium industrium und Bacterium oxydans) und bei 12 pCt. (Bacterium ascendens). Allerdings ist bei den höchst zu ertragenden Alkoholmengen die Säurebildung schon wieder vermindert; denn während z. B. Bacterium ascendens unter günstigen Umständen nach Henneberg 9 pCt. Säure zu bilden imstande ist, entstanden in einer Nährlösung von 12 pCt. Alkoholgehalt nur 7 pCt. Essigsäure. Bei Bacterium industrium liegt das Säuremaximum bei 2,8 pCt.; in einer Nährlösung von 7 pCt. Alkohol wurden aber nur 0,5 pCt. Säure gebildet.

Als giftig wirkend erwies sich selbst in sehr geringen Mengen

Chlorcalcium; ebenso wirkten schädlich erhebliche Quantitäten von Kalisalpeter und Kochsalz. Nur Bacterium ascendens vertrug einen Gehalt von 1 pCt. Kochsalz noch ganz gut.

Über Weinessigbakterien veröffentlichte Henneberg in der „Deutschen Essigindustrie“ 1906, Nr. 14, ffg. weitere Angaben.

Bacterium xylinoides n. sp. Beim Überimpfen der bei 30° C. gewachsenen, zwölf Tage alten Agarkultur auf Hefewasser, dem 10 pCt. Rohrzucker zugesetzt waren, entstand die für Bacterium xylinum charakteristische dicke zähe Haut, desgleichen auf anderen Zuckerlösungen (Milchzucker, Galaktose, Arabinose, Lävulose, Maltose), ebenso in Mannitlösungen.

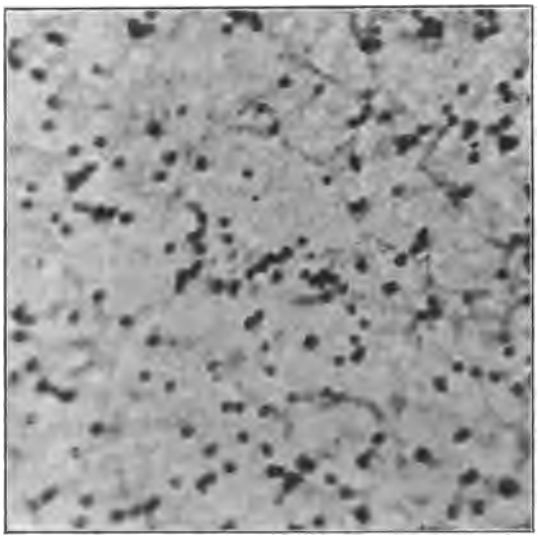


Abb. 81. Bacterium xylinoides (Henneberg).
(33tägig, Würzeagar.)

Auf Würze, welche 3 pCt. Alkohol enthielt, bestand die Haut entweder von Anfang an aus einzelnen weisslichen Inseln oder sie war einheitlich glatt mit mehr oder weniger zahlreichen, aufgelagerten Kolonien von verschiedener Grösse. Am Rand des Gefässes entstand dann durch Zusammenschieben der Haut ein weicher, dicker Ring. Die Flüssigkeit hatte sich stark getrübt.

In einem anderen Falle, in welchem die Würze 6 pCt. Alkohol enthielt, war zunächst eine gleichmässige, stark stäubende, d. h. aus einzelnen Teilen zusammengesetzte Haut entstanden. Sie wurde im späteren Vegetationsstadium durch Bildung festerer Schleimmassen einer Xylinumhaut ähnlich.

Es können sich in einem Kulturgefäss ganz verschiedene Hautbildungen nebeneinander vorfinden. So kann eine Stelle von einer dünnen, trockenen Haut neben einer solchen von feucht-glänzender, zäh-schleimiger, d. h. xylinumartiger, und endlich neben einer weisslichen, aus einzelnen sehr kleinen Inseln zusammengesetzten Haut auftreten.

Bei der Verwendung von Bier als Kulturflüssigkeit hatte sich die Oberfläche desselben am elften Tage mit einer zähen einheitlichen Xylinumhaut bedeckt, welche viele kleine weissliche Punkte aufwies.

Auf Malz-Roggenmaische bildete sich zunächst eine dünnhäutige,

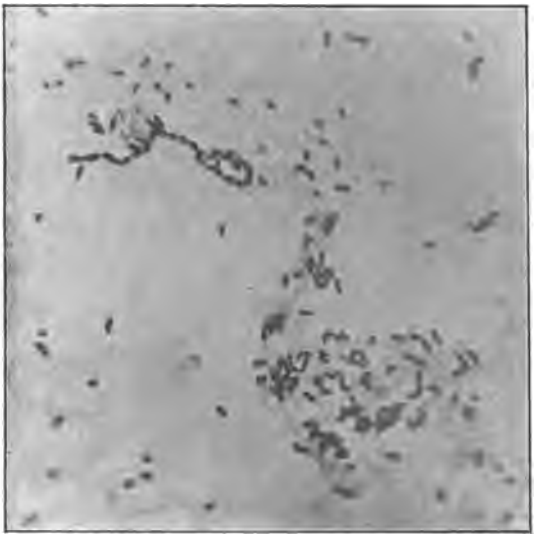


Abb. 82. Bacterium xylinoides.
(33 tägig. Würze mit 4 pCt. Alkohol).

zusammenhängende Zooglöenmasse. Im späteren Vegetationsstadium entstand in manchen Kulturgefässen eine Xylinumhaut, in anderen eine brüchige, weissliche Haut, die aus einzelnen Inseln zusammengesetzt war.

Auf unverdünnter Weinessigmaische, welche 8,3 pCt. Alkohol und 2,6 pCt. Essigsäure enthielt, bildete sich bei Beginn der Untersuchungen immer eine dünne Haut von ziemlich trockener Beschaffenheit; sie erinnerte auffallend an diejenige von Bacterium orleanense. Später entwickelte sich in manchen Fällen eine schöne, zusammenhängende Haut, die in der Festigkeit etwa in der Mitte zwischen Bacterium acetigenum und Bacterium xylinum steht. Im Alter schob sich die Haut übereinander unter Bildung von zarten Falten. Bei anderen Versuchs-

reihen war die Haut in der Mitte ungleich. Sie bestand aus einzelnen erhaben über die Flüssigkeitsfläche herausragenden Kolonien. Sie war gelbbräunlich; am Rand dagegen wasserhell, glatt und zäh, wie eine Xylinumhaut. Es kann auch der Fall eintreten, dass die gesamte Haut wie eine Xylinumhaut aussieht, aber nicht deren Festigkeit besitzt.

Nimmt man die Xylinumhaut aus dem Gefäss heraus, so fallen die gelbbräunlichen lockeren Punkte aus der Haut heraus, wobei mehr oder weniger grosse, meist rundliche Löcher entstehen. Die feste Xylinumhaut sieht dann aus wie von Schrotkörnern durchlöchert.

Endlich kann auch der Fall eintreten, dass ein Teil oder die ganze Oberfläche der Flüssigkeit mit lockeren, etwas schleimigen hellbräunlichen Hautmassen bedeckt ist, sodass eine ziemlich dicke, weiche Masse ohne inneren Zusammenhang auf der Flüssigkeit entsteht. Beim Zerteilen dieser Bildungen beobachtet man, dass dieselben aus einzelnen, etwa wie geronnenes Eiweiss aussehenden Flocken bestehen. Selbst durch heftiges Schütteln werden diese Massen aber nicht von einander getrennt; die Flüssigkeit bleibt daher völlig klar.

Auf Weinessigmaische, die zur Hälfte mit Wassser verdünnt worden war, entstanden von 11 verschiedenen Reinkulturen 10 Xylinumhäute, wogegen nur 1 Kultur eine dünne Haut zur Entwicklung kommen liess. Von einer dünnen Haut, gewachsen auf verdünnter Weinessigmaische (1 :1), wurden Teile mit Hülfe des Platindrahtes in verschieden stark verdünnte Weinessigmaische eingetragen. Die Verdünnungen wurden mit 10, 20, 30, 40 und 50 pCt. Wasser vorgenommen. In allen Fällen und auch in reiner Weinessigmaische wuchs die Bakterie wieder als zarte dünne Haut. Nur bei der Verdünnung mit 50 pCt. Wasser hatten sich kleine, erhöhte Einzelkolonien auf der Haut gebildet. Bei 40 pCt. Wassergehalt der Maische erinnerte die Haut etwas an Bacterium xylinum. Bei der Übertragung auf neue Kulturflüssigkeiten von derselben Konzentration, wobei aus jeder Verdünnung in die gleiche Verdünnung übergeimpft wurde, entstanden auf den mit 40 und 50 Teilen Wasser verdünnten Kulturflüssigkeiten nunmehr typische Xylinumhäute. Auf den übrigen Weinmaischen hatten sich wiederum zarte dünne Häute gebildet. In der reinen Weinmaische trat keine Entwicklung ein.

Auf einem Gemisch von $1^1/_2$ Teilen Würze, $1^1/_2$ Teilen Wasser und 2 Teilen Weinessigmaische bildete eine Kultur, die von 40 prozentiger Weinessigmaische übertragen worden war, auch in diesem Fall eine Xylinumhaut. Von 5 anderen Reinzuchten, welche direkt vom Agar genommen waren, liess nur noch eine einzige eine typische Xylinumhaut entstehen, die übrigen dagegen zarte Häute, teils von netzartiger Struktur, teils von blasiger Beschaffenheit. Die Mitte der Haut kann dünnhäutig und der Rand xylinumartig zähe sein. Auch bei Zusatz von verschiedenen Essigsäure- und Alkoholmengen und bei Verwendung

anderer Reinkulturstämme konnten die genannten Hautverschiedenheiten festgestellt werden.

Schwärmzellen kommen bei Bacterium xylinoides nicht vor.

Die Cellulosereaktion (Jod + Schwefelsäure) tritt nur unter bestimmten Bedingungen ein, z. B. bei den xylinumähnlichen, lederartigen

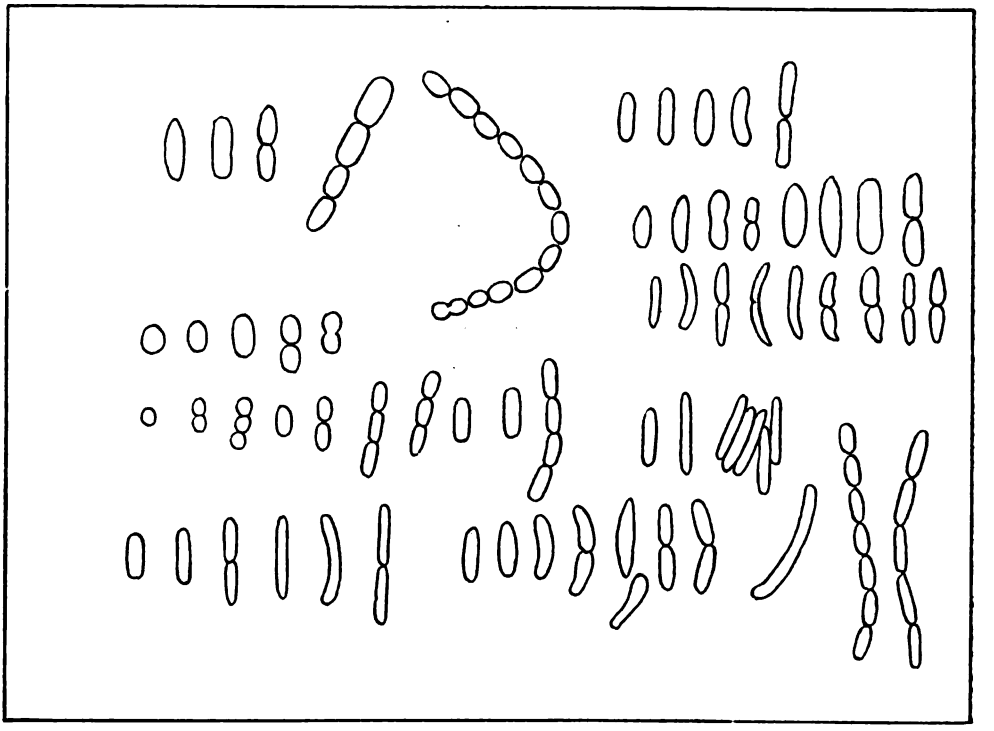


Abb. 83. Bacterium xylinoides. Von Henneberg gezeichnet.

Links Reihe 1. Würze 3 pCt. Alkohol, 5 tägig.
„ „ 2. Würzeagar, 2 tägig (Zuckeragar ähnlich).
„ „ 3. „ 2 Monat.
„ „ 4. Zuckergelatine 1 Monat (Getreidemaische ähnlich).
Rechts „ 1. Weinessigmaische 13 tägig.
„ „ 2 und 3. „ mit Wasser 1 : 1 verdünnt, 5 tägig.
„ „ 4. „ mit Sodazusatz.
„ „ 5. Würze 6 pCt. Alkohol, 20 tägig.

Häuten, welche auf 10prozentigem Rohrzuckerhefewasser oder auf Weinessigmaischen gewachsen waren. Die dünnen Häute, welche auf Weinessigmaische oder auf Würze mit 6 pCt. Alkoholzusatz entstanden waren, zeigten dagegen nach Zusatz von Schwefelsäure und Jod nur eine rotbraune Färbung.

Die Zellen treten in völlig runden, kurzen dicken und auch in langen dünnen Formen auf, sie sind gebogen oder gerade oder auch

unregelmässig gestaltet. Die Stäbchen kommen als Einzelindividuen und zu zweien vor oder auch zu mehreren, in Ketten verbunden. Zuweilen finden sich auch grössere hypertrophisch aufgeschwollene Zellen unter den normalen.

Die Grösse der Zellen betrug in Würze mit Alkoholzusatz gewachsen 1,2—2 : 0,8 μ; in Agarkulturen dagegen 0,5—0,8 nach beiden Richtungen (runde Formen) oder 1,2 : 0,5 μ.

Die grösste Säuremenge wurde von der Bakterie auf ruhender Weinessigmaische (6 pCt. Alkohol und 4 pCt. Säure) bei 27° bis 30° C. nach 35 Tagen mit 9,3 pCt. gebildet. Im Fabrikbetriebe bildete die Bakterie

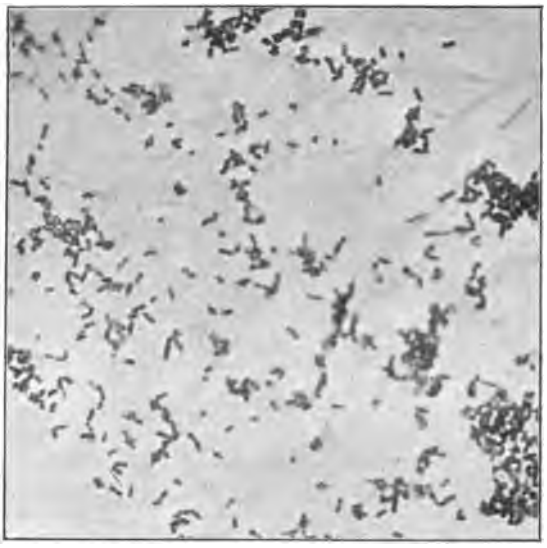


Abb. 84. Bacterium vini acetati (Henneberg).
(10tägig Würzeagar.)

in einer sterilisierten Kufe bei 25° C. nach 39 Tagen nur 6,4 pCt. Säure; der Alkoholgehalt der Maische betrug zu dieser Zeit 0 pCt. Der Essig ist oft schön aromatisch.

In einer mit Würze (+ 6 pCt. Alkohol) zur Hälfte angefüllten und mit einem Wattebausch verschlossenen Gärflasche bildeten sich starke Mengen von Aldehyd.

Das Optimum liegt für in verdünnter Essigmaische gewachsene Kulturen bei 30° C., später auch bei 17 bis 28° C.

Bei 14° C. ist die Entwicklung nur gering; bei 6° C. ist sie überhaupt nicht mehr vorhanden.

Bei folgenden Zuckerarten usw. trat in Hefewasser, dem 2 pCt. des betreffenden Stoffes zugesetzt waren, eine Entwicklung bzw. Säuerung

der Bakterie ein: Dextrose, Lävulose, Rohrzucker, Raffinose, Propylalkohol, Maltose, Milchzucker, Galaktose, Arabinose, Mannit, Erythrit und Glycerin. Die Bakterie stammt aus einer Berliner Weinessigfabrik.

Bei Verwendung von Dextrin fand nur eine sehr geringe Säuerung statt.

Bacterium vini acetati n. sp. Charakteristisch für die Hautbildung dieser Bakterienart auf Flüssigkeiten ist der Mangel an festerem Zusammenhang. Die Flüssigkeiten werden durch die Bakterie leicht getrübt, da die zarten Hautmassen oft bei der geringsten Berührung des Kulturgefässes als staubförmige Massen zu Boden sinken.

Auf Würze, welche einen Zusatz von 3 pCt. Alkohol erhalten hatte, bildete sich nach zwei Tagen eine zarte sehr feuchte, fettig glänzende Haut, welche gelblich gefärbt war. Am 17. Tage trat infolge

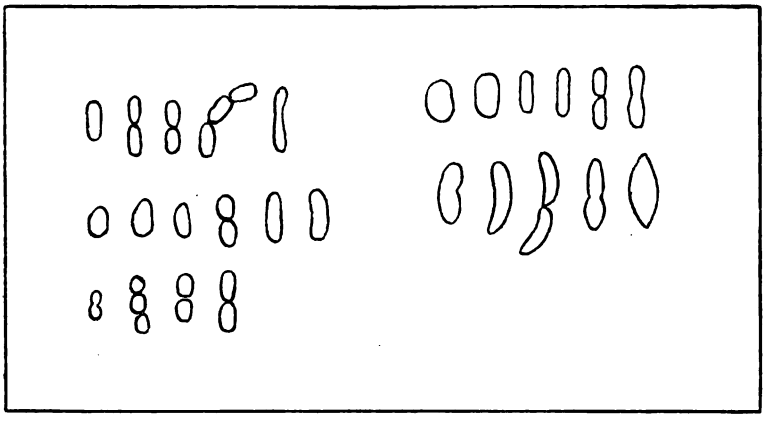


Abb. 85. Bacterium vini acetati; von Henneberg gezeichnet.

Links:
Reihe 1. Würze 3 pCt. Alkohol, 5tägig 27° C.
„ 2. Würzeagar 2 tägig (Zuckeragar ebenso).
„ 3. Würzeagar 2 Monat.

Rechts:
Reihe 1. Zucker-Biergelatine } 1 Monat alt bei Zimmertemperatur.
„ 2. „ }

verschiedenartiger Dichte der Haut eine helle Bänderung der mehr durchsichtigen Grundmasse ein. Am 19. Tage sank die Hauptmasse der Bakterien unter, worauf die Flüssigkeit allmählich wieder klar wurde. Nach dieser Zeit blieben indessen einzelne inselförmige Hautmengen meist auf der Flüssigkeitsoberfläche bestehen. Bier liess bis zum 10. Tage eine glänzende Haut von bräunlicher Farbe entstehen, Malz-Roggenmaische eine wasserhelle Haut mit undurchsichtigen weisslich aussehenden Stellen. Auf Rohrzuckerhefewasser trat eine äusserst geringe Hautbildung ein, indessen war die Trübung der Flüssigkeit sogleich nach dem Beimpfen eine sehr starke. Auf einer Lösung von Pepton und Liebigschem Fleischextrakt entstand eine glänzende, dickliche, weissliche Haut.

Auf unverdünnter Weinessigmaische bildete sich zunächst eine sehr

zarte, feucht glänzende Haut von brauner Färbung; später, nach 42 Tagen etwa, war die Haut rotbraun und schliesslich wurde sie braunschwarz Ursprünglich war die Haut sehr leicht zerteilbar (stäubend), im späteren Vegetationsstadium wurde jedoch der Zusammenhang ein festerer.

In einem Gemisch von 1 Teil Würze, 1 Teil Essigmaische und 2 Teilen Wasser entstand eine dickliche Haut, die später in grösseren Brocken zu Boden ging. Auf Schnellessigmaische, aus welcher der Essig durch Verdampfen entfernt worden war, bildete sich nur eine

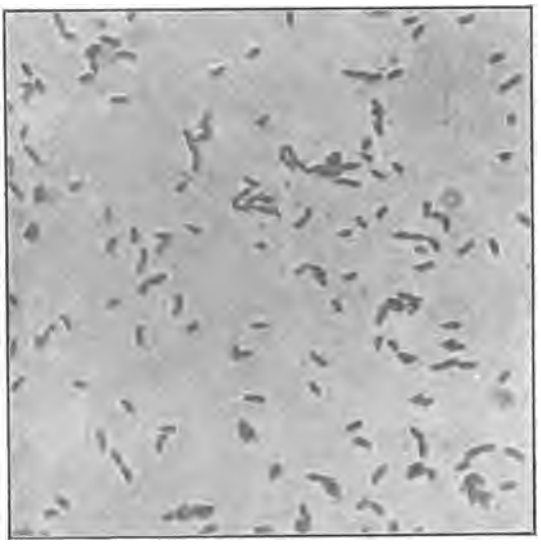


Abb. 86.
Ein vom Buchenholzspan aus einem Schnellessigbildner abgeschabter Flüssigkeitstropfen.

zarte Inselhaut; es entstand aber eine sehr starke Trübung der Flüssigkeit.

Die Bakterienhaut klettert an nassen Gefässwandungen empor.

Schwärmzellen sind nicht vorhanden.

Jodreaktion fehlt.

Die Zellen sind rundlich, eiförmig, länglich eiförmig und in seltenen Fällen auch mässig lang gestreckt. Sie kommen einzeln oder zu zweien bzw. zu dreien vereint vor.

Die Grösse der Zellen beträgt in mit Wasser und Würze verdünnter Essigmaische nach 10tägigem Wachstum 1,2—2,1 : 0,4 μ.

Das Optimum liegt bei 28 bis 33° C. Zwischen 15° und 19° C. wird die Vermehrung sehr verlangsamt, um bei 8,5° C. überhaupt gänzlich aufzuhören.

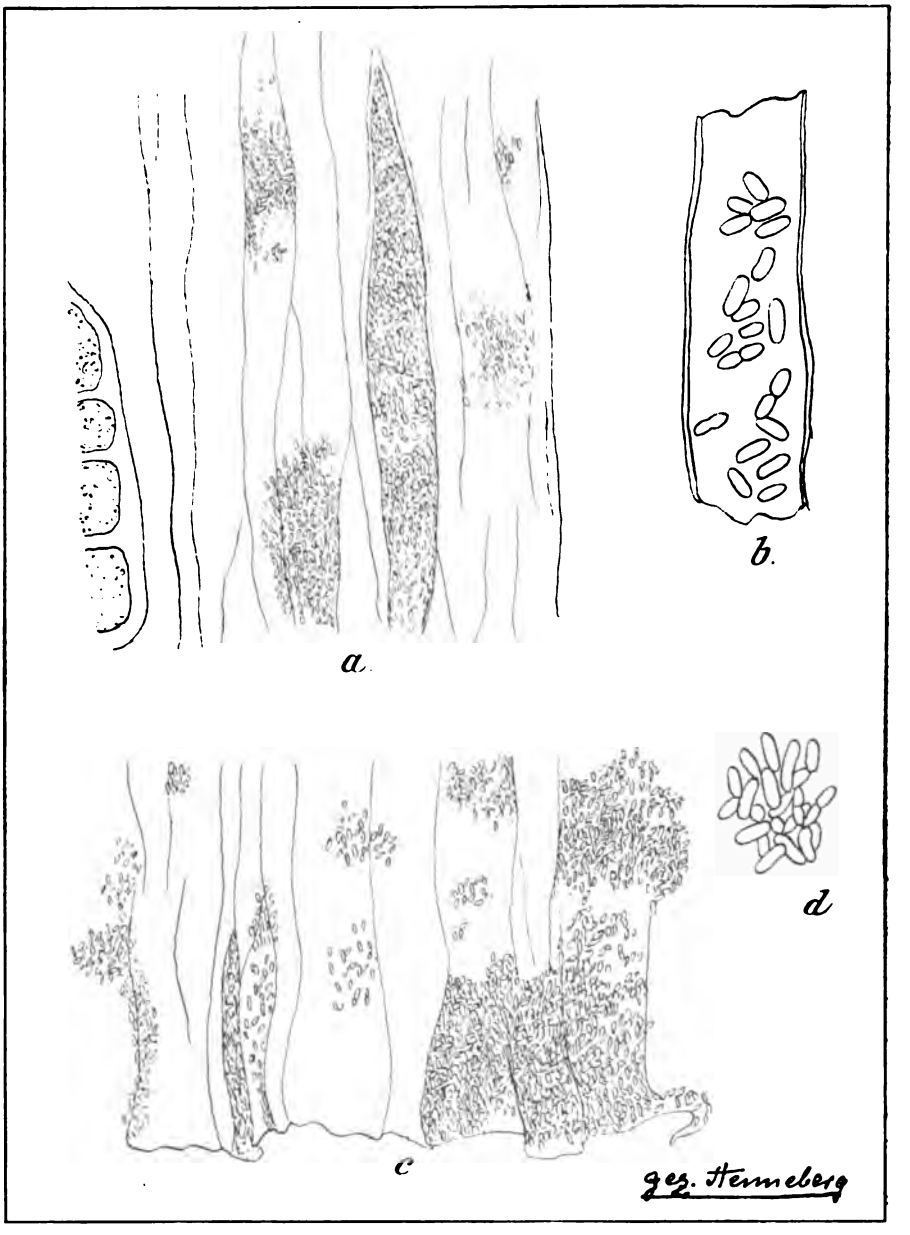


Abb. 87. Verschiedene Schnitte durch Essigspäne; von Henneberg ausgeführt.

a) Längsschnitt durch einen Buchenholzspan aus einem Schnellessigbildner (5) der Versuchsfabrik. (Vergrösserung 620fach.)

b) Ebenso, eine Holzfaser mit Bakterien. (Vergrösserung 1820fach.)

c) Längsschnitt durch einen Buchenholzspan aus einem Reinkulturessigbildner im Laboratorium mit Bacterium Schüzenbachi. (Vergrösserung 950fach.)

d) Aus einem anderen Reinkulturessigbildner, Gruppe von Bacterium orleanense. (Vergrösserung 1820fach.)

(Sämtlich mit Zeichenapparat gezeichnet)

In ruhender Weinessigmaische (6 pCt. Alkohol und 4 pCt. Säure) bildete die Bakterie bei 27 bis 30° C. nach 35 Tagen 8 pCt. Säure.

Vielfach gute Entwicklung bzw. Säuerung in Hefewasser, dem 2 pCt. verschiedener Zuckerarten zugesetzt waren.

Fundort: eine Berliner Weinessigfabrik.

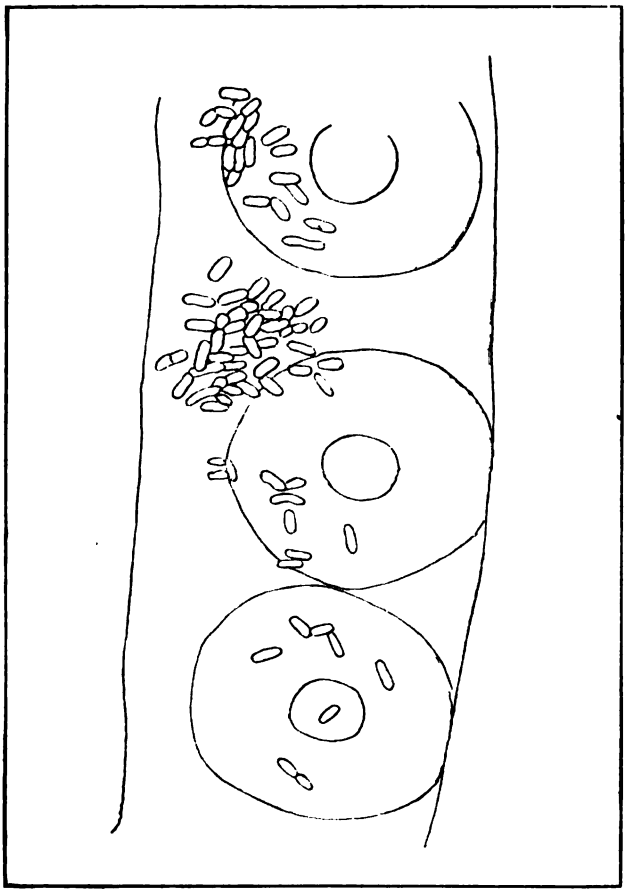


Abb. 88.
Buchenspan aus einem Reinkulturessigbildner im Laboratorium mit Bacterium Schüzenbachi von Henneberg gezeichnet.
Eine Zelle mit Hoftüpfeln aus Kiefernholz (Holzwolle).
(Vergrössert 1780fach, mit Zeichenapparat gezeichnet.)

Untersuchungen über Schnellessigbakterien hat Henneberg in Nr. 49 bis 51 der deutschen Essigindustrie 1905, wie in Nr. 11 und 12 derselben Zeitschrift 1906 veröffentlicht.

Es gelang Henneberg, einige in den Schnellessigbildnern vorkommenden Bakterien auf Schnellessigmaische, der allerdings eine

geringe Menge treberhaltiger Malz-Roggenmaische zugesetzt worden war, zur Hautbildung und zur Produktion eines Essigs von 10—11 pCt. Säure zu bringen. Diese Hautbildung trat zwar nach Hennebergs Arbeiten selbst nicht immer ein; sie ist aber jedenfalls unter gewissen Bedingungen von Henneberg beobachtet worden, während vom Verfasser meist nur flocken- oder fadenförmige Entwicklungen von Essigpilzen in hochprozentigen Schnellessigmaischen erhalten wurden.

Die Häute entstehen nach Hennebergs Untersuchungen allerdings erst nach sehr langer Zeit (23—85 Tagen), ein Umstand, der unter anderem den Verfasser veranlasst anzunehmen, dass es sich um Rück-

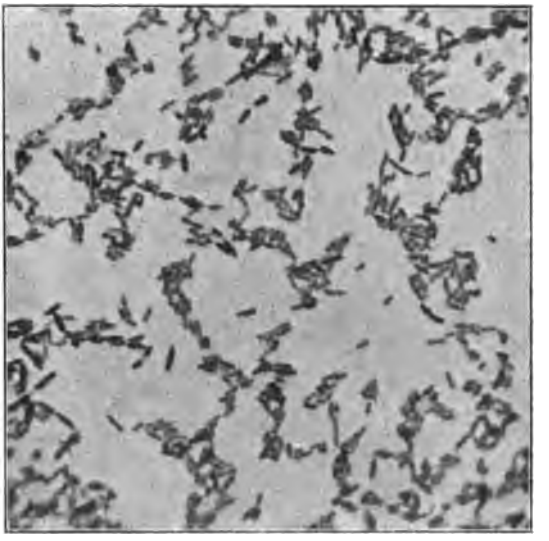


Abb. 89. Bacterium Schüzenbachi (Henneberg)
(10tägige Würzeagar.)

bildungsformen von akklimatisierten Bakterien und nicht um eigentliche Schnellessigpilze handelt.

Die Arbeiten Hennebergs bestätigen in vielen Punkten die früheren Feststellungen der Verfasser über die morphologischen und physiologischen Eigenschaften der Schnellessigbakterien, wie u. a. das Auftreten der Schnellessigpilze als einzelne Zellen, das Vorkommen von verschiedenen Rassen von Schnellessigbakterien in den Bildnern. Allerdings zieht Henneberg andere Schlüsse aus seinen Untersuchungen, wie der Verfasser. Während nämlich Henneberg die Schnellessigbakterien als besondere Organismen ansieht, betrachtet sie der Verfasser als akklimatisierte Essigpilze, die aus hautbildenden Rassen her-

vorgegangen sind und die durch Rückbildung unter gewissen Umständen wieder in hautbildende Arten übergeführt werden können.

In Reinkulturen züchtete Henneberg folgende von ihm auch mit Namen benannte, aus Schnellessigbildnern der Versuchsessigfabrik stammende Essigbakterien.

Bacterium Schüzenbachi n. sp. Die auf Flüssigkeiten entstehende Haut ist fast regelmässig ohne jeden festeren Zusammenhang.

Auf Würze mit 3 pCt. Alkoholgehalt bildete sich am 17. Tage eine aus zarten Inseln bestehende Haut; die Flüssigkeit war getrübt. Die auf Bier gewachsene Haut war gleichfalls sehr zart; sie befand sich

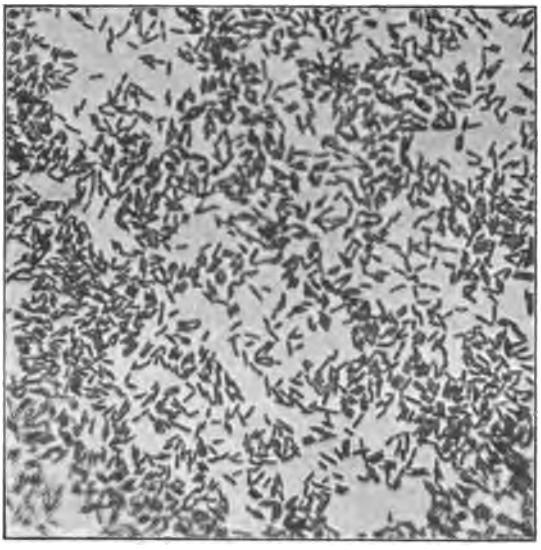


Abb. 90. Bacterium Schüzenbachi.
(10tägige verdünnte Essigmaische mit Würze.)

etwas unter dem Niveau der Flüssigkeit. In Weinessigmaische fand eine ähnliche Entwicklung statt. Malz-Roggenmaische liess am neunten Tage eine wasserhelle, zarte, glänzende Haut entstehen, welche weissliche (dichtere) Stellen aufwies. In einem Gemisch, bestehend aus einem Teil Würze, einem Teil Essigmaische und zwei Teilen Wasser, war am elften Tage eine verschiedenartig zusammengesetzte Haut entstanden. Es wechselten grössere gleichmässige, glänzende, durchscheinende Hautmassen mit mattweissen und gelblichen ab. Die Haut entstand stets durch Zusammenwachsen einzelner Inseln; diese sanken bei Berührung des Kulturgefässes leicht als staubförmige Massen unter. Rohrzuckerhefewasser (10 pCt. Zucker) liess einen schwachen Hautring entstehen. Die Flüssigkeit war stark getrübt. Bei einer Lösung, welche neben

Pepton auch Dextrose und Liebigschen Fleischextrakt enthielt, entstand am sechsten Tage eine wasserhelle, mit vielen weiss-gelblichen Punkten besetzte glänzende Haut.

Stark verdünnte Essigmaische (1,6 pCt. Alkohol und 4,2 pCt. Säure) wies am sechsten Tage bei einer Temperatur von 31° C. zarte 1 bis 2 *mm* grosse Inseln auf. Aus diesen entstand später durch Zusammenwachsen eine Haut. Auch bei Essigmaischen mit einem geringen Getreidemaischezusatz wurde niemals eine zusammenhängende Haut beobachtet. Dasselbe galt auch von Essigmaische, deren Säure und

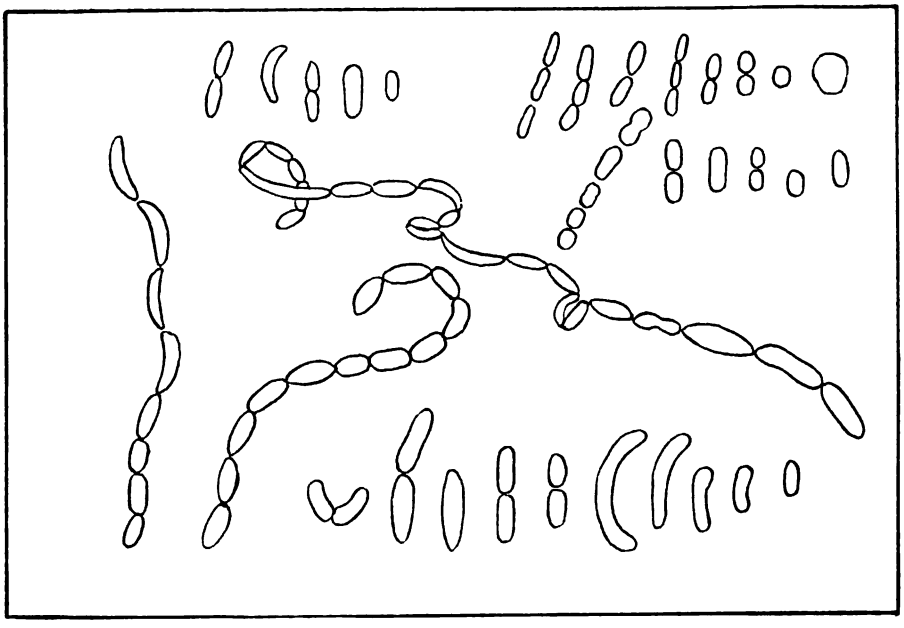


Abb. 91. Bacterium Schüzenbachi, von Henneberg gezeichnet.
Reihe 1 und 2. Würze 3 pCt. Alkohol 16tägig.
„ 3 Agar 2tägig (Zuckeragar sehr ähnlich).
„ 4 links „ 2 Monat — rechts Zuckergelatine 1 Monat.

Alkohol durch Kochen zum grössten Teil entfernt worden war; es entstand nur eine grössere Anzahl zarter Inseln.

Auf Weinessigmaische entstand erst am 42. Tage eine rotbraun gefärbte Inselhaut.

Schwärmzellen fehlen.

Die Bakterien werden durch Jod nicht gefärbt.

Die Zellen treten bald in runder, bald in eiförmiger oder länglicher Gestalt auf. Häufig kommen auch sichelartige oder unregelmässig gebogene Zellen vor.

Es finden sich einzelne Zellen oder solche zu zweien vereint oder endlich solche in Zellketten. Diese Zellketten enthalten nicht selten verschiedenartig geformte Zellen.

Die Grösse der Zellen betrug bei einer Kultur, die nach zehn Tagen in einem Gemisch von einem Teil Essigmaische, einem Teil Würze und zwei Teilen Wasser entstanden war, etwa 1,6—2,4 : 0,3—0,4 μ.

Das Wachstumsoptimum lag für stark verdünnte Essigmaische (4,2 pCt. Essigsäure und 1,6 pCt. Alkohol) bei 25 bis 27,5° C. Bei 37° C. fand kein Wachstum mehr statt, bei 34 bis 35° C. war dasselbe sehr gering. Bei 17 bis 19° C. trat eine Entwicklung erst spät, bei 13 bis 15° C. erst sehr spät und bei 7,5° C. überhaupt nicht mehr ein.

Das Säuerungsvermögen der Bakterie stellte sich wie folgt:

a) In unverdünnter ruhender Weinessigmaische (6 pCt. Alkohol und 4 pCt. Säure) nach 46 Tagen bei 27° C. 2,5 pCt. Essigsäure. Es hatte wohl schon wieder ein Verbrauch der Essigsäure stattgefunden. b) Schnellessigmaische unter Zusatz von Getreidemaische, ruhend, Temperatur 27 bis 30° C 10,9 pCt. nach 66 Tagen. c) Im Rothenbachschen Laboratoriumsbildner — also bei bewegter Flüssigkeit — unter Verwendung von Schnellessigmaische, die einen starken Bierwürzezusatz ungehopft erhalten hatte, nach 78 Tagen 9,1 pCt. Säure. d) In der Versuchsschnellessigfabrik mit Essigmaische nach 85 Tagen 11,5 pCt. Säure und bald darauf 11,8 pCt. Wegen starken Alkoholgehaltes 2,4 pCt. des Ablaufes tritt bei diesem Punkte eine starke Abkühlung des Apparates ein.

Die erzeugte Essigsäure wird bei günstiger Temperatur weiter oxydiert.

In Hefewasser, dem 2 pCt. der folgenden Zuckerarten usw. zugesetzt worden waren, fand gute Entwicklung bzw. Säuerung statt: Dextrose, Lävulose, Rohrzucker, Raffinose, Maltose, Milchzucker, Galaktose, Arabinose, Erythrit, Glycerin, Propylalkohol, Dextrin.

Fundort: Ein Schnellessigbildner der Versuchsessigfabrik.

Bacterium curvum n. sp. Die Hautbildung auf Flüssigkeiten weist einen Mangel an festerem Zusammenhang auf. Die Haut sinkt leicht unter, wodurch eine Trübung der Flüssigkeit entsteht.

Würze mit 3 pCt. Alkoholgehalt liess am 7. Tage eine aus runden weisslichen Inseln bestehende Haut entstehen. Dieselbe bleibt beim Bewegen des Kulturgefässes an der Gefässwandung haften. Im Flüssigkeitsniveau blieb nach dem Untersinken der Haut ein Bakterienring an der Wandung zurück, wenn das Gefäss nicht stark geschüttelt wurde. In Bier bildete sich am 15. Tage eine zarte, glänzende, weissliche Haut; dieselbe sank in kleinen Partikeln zu Boden, wodurch die Flüssigkeit vorübergehend getrübt wurde. Nach 36 Tagen, von Beginn des Versuches an, waren auf gleichmässiger durchsichtiger Unterlage zahlreiche, 1 *mm* grosse, erhabene, glänzende Kolonien von hellbrauner

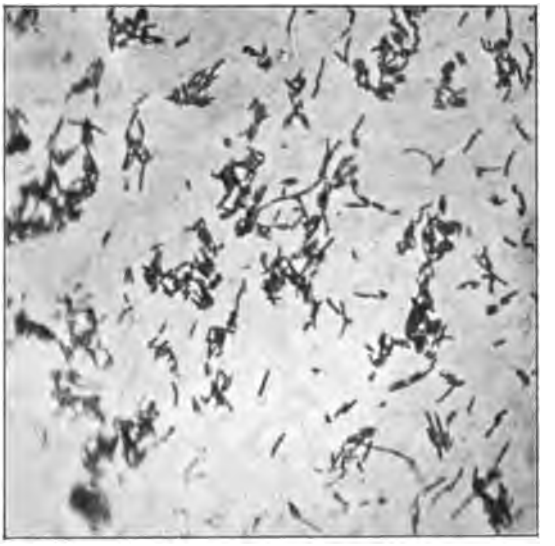


Abb. 92 Bacterium curvum (Henneberg).
(10tägige verdünnte Essigmaische mit Würze.)

Abb. 93. Bacterium curvum.
(10tägige verdünnte Essigmaische mit Würze.)

Farbe entstanden. Bei Malz-Roggenmaische (35° C.) bestand die Haut aus einzelnen Inseln.

Auf einem Gemisch von Essigmaische, Würze und Wasser (1:1:2) war am 7. bis 22. Tage eine zarte zu Staub zerfallende Haut entstanden; ebenso auf Rohrzuckerhefewasser. Auf einer Lösung von Pepton, Dextrose und Liebigs Fleischextrakt war der Zusammenhang der Haut noch geringer. Es hatten sich nur einzelne, völlig getrennte Inseln gebildet.

Auf Weinessigmaische war der Zusammenhang der Haut ein wenig

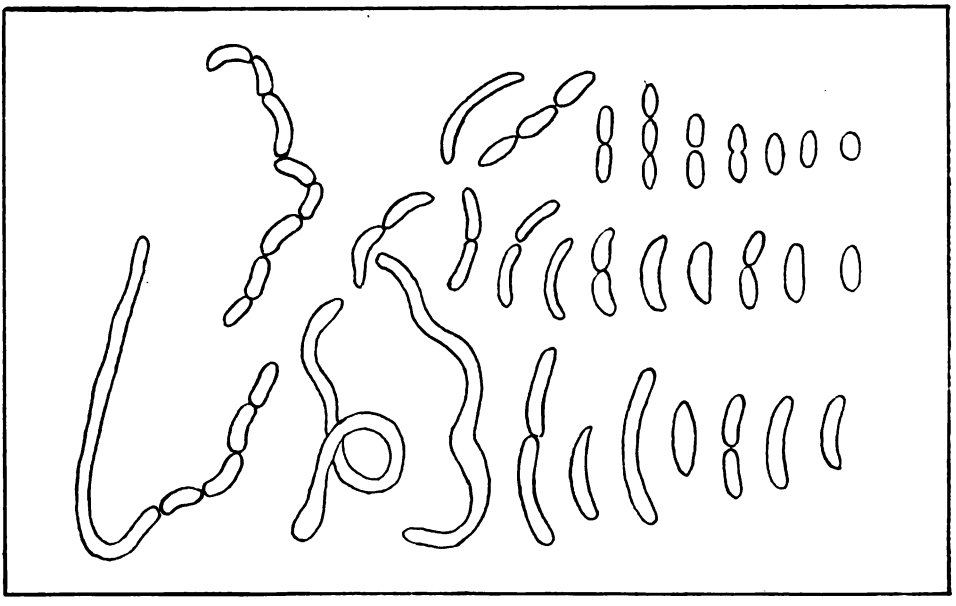


Abb. 94 Bacterium curvum, von Henneberg gezeichnet.
Reihe 1. Würze 7tägig (Biergelatine ähnlich).
„ 2. Würzeagar 2tägig (Zuckeragar ebenso).
„ 3. „ 2 Monat.

grösser. Die Haut färbte sich nach und nach braunschwarz; die Maische war nur wenig getrübt.

Schwärmzellen wurden nicht beobachtet.

Durch Jod trat keine Färbung ein.

Die Form der Zellen ist als rundlich eiförmig, länglich eiförmig oder als langgestreckt zu bezeichnen. Häufig treten mehr oder minder stark gebogene Zellen auf.

In verdünnter Essigmaische, die einen Würzezusatz erhalten hatte, zeigten die Zellen nach 10tägigem Wachstum folgende Dimensionen: 1,6 : 0,3 μ und 4 bis 12 : 0,4 μ.

Das Temperaturoptimum in verdünnter Essigmaische, der Getreide-

maische zugesetzt worden war, lag bei 25 bis 36,5° C. Bei 16 bis 17° C. fand nur eine geringe Entwicklung und bei 7 bis 8° C. überhaupt keine solche mehr statt.

Die grösste Menge Alkohol, welche die Bakterie verträgt, liegt bei 8 Vol.-pCt. Bei 9 pCt. fand nämlich in folgender Nährlösung keine Entwicklung mehr statt: 1 pCt. Liebigs Fleischextrakt, 3 pCt. Dextrose, 1 pCt. Pepton und 1 pCt. Essigsäure.

In ruhender Weinessigmaische (6 pCt. Alkohol und 4 pCt. Säure) bildete die Bakterie bei 27° C. in 46 Tagen 4,9 pCt. Säure.

In Hefewasser, dem 2 pCt. Dextrose, Lävulose, Galaktose, Raffinose,

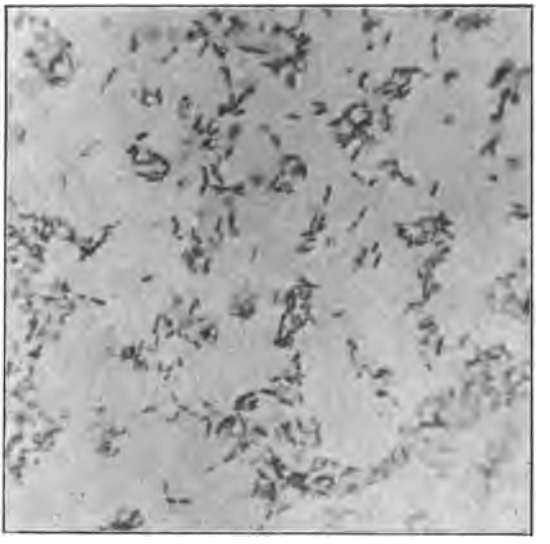


Abb. 95. Bacterium orleanense (Henneberg).
(10tägig Würzeagar.)

Dextrin, Propylalkohol, Glycerin, Erythrit, Mannit oder Arabinose zugesetzt worden waren, fand eine gute Entwicklung bzw. Säurebildung statt. Milchzucker wurde nicht gesäuert, wohl aber wuchs die Bakterie in der Lösung.

Fundort: Ein Essigbildner der Versuchsessigfabrik.

Bacterium orleanense n. sp. Die Hautbildung ist bei dieser Bakterienart fast stets von festem Zusammenhange. Die Flüssigkeiten bleiben deshalb häufig klar.

Würze mit 3 pCt. Alkoholzusatz liess am vierten Tage kleine weissliche, isolierte Kolonien entstehen. Später können infolge Zusammenwachsens solcher Kolonien einzelne grössere Inseln entstehen, bisweilen auch eine trockene, ziemlich dünne, aber mässig feste Haut. Im Alter

treten zarte Faltenbildungen auf. Die Flüssigkeit ist je nach der Art der Haut trübe oder klar. Nach längerer Zeit (drei Monate) wächst häufig die Haut zu einer dicklichen und glänzenden Masse aus. In diesem Stadium bilden sich dann auch feuchtglänzende, xylinumartige Hautpartien. Die Ähnlichkeit mit der Haut von Bacterium xylinum ist aber nur eine äusserliche, da bei der Haut von Bacterium orleanense kein fester Zusammenhang vorhanden ist.

Auf Bier bildeten sich teilweise gleichmässige, fester zusammenhängende Häute und teilweise inselartige Kolonien. In Malz-Roggenmaische entstand eine dickere, festere Haut; sie sank beim Bewegen

Abb. 96. Bacterium orleanense.
(10tägig verdünnte Essigmaische mit Würzezusatz.)

des Kulturgefässes in grösseren Fetzen unter. Rohrzuckerhefewasser liess zuerst (nach fünf Tagen) eine aus einzelnen Kolonien bestehende Haut zur Entwicklung kommen; später (nach sieben Tagen) erhielt dieselbe durch Zusammenwachsen einen festeren Zusammenhang. Nach 25 Tagen hatten sich wieder lose Hautinseln auf der Flüssigkeit gebildet; diese war stark getrübt. Auf einer Lösung, bestehend aus Pepton, Dextrose und Liebigschem Fleischextrakt, sowie auf einer Mineralbestandteile enthaltenden Lösung entstand eine gute Haut. Bei Benutzung der mineralischen Lösung wurde eine starke Trübung der Flüssigkeit bemerkt.

Auf verdünnter Essigmaische (1 Teil Maische, 2 Teile Wasser)

entstand eine schöne zusammenhängende elastische Haut, welche bei einer Bewegung des Gefässes zarte Falten bildete.

Weinessigmaische liess zunächst die Bildung von vielen einzelnen, etwas erhabenen, weisslichen Kolonien entstehen. Später wuchsen diese Kolonien unter Bildung einer ziemlich festen, trockenen, öfter mattglänzenden Haut zusammen. Die Haut war zunächst glatt, später fein

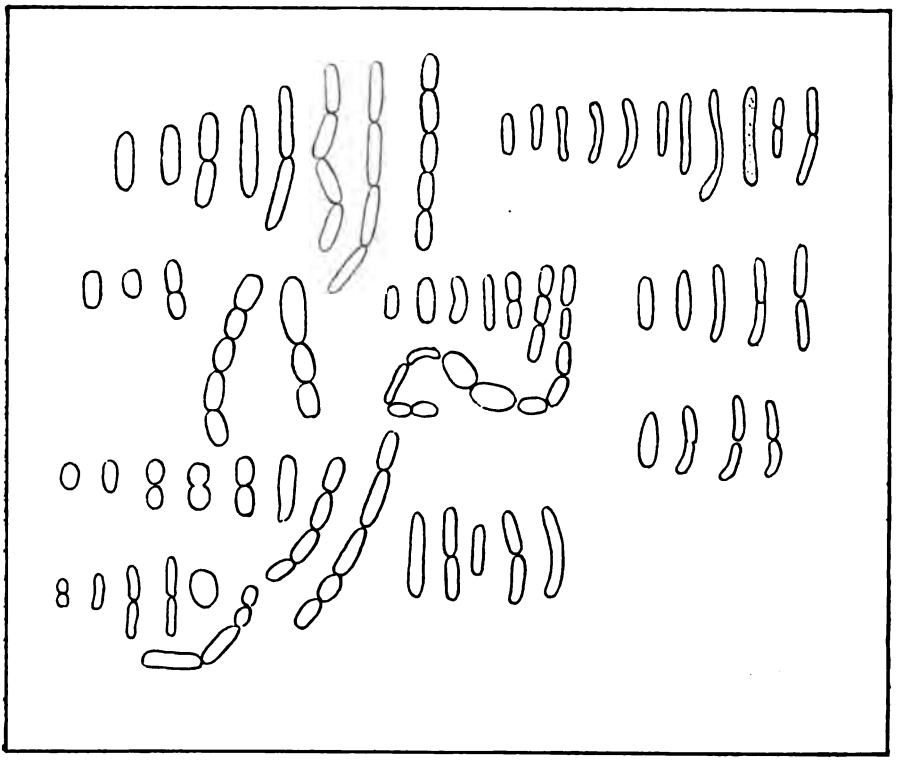


Abb. 97. Bacterium orleanense, von Henneberg gezeichnet.
Links Reihe 1. Stamm *b*, Würze + 3 pCt. Alkohol 5tägig.
„ „ 2. „ *b*, Würzeagar 2tägig, 2 Ketten aus Stamm *a*.
„ „ 3. „ *b*, Würzeagar 3 Monat.
„ „ 4. „ *a*, Würzeagar 3 Monat
Mitte Reihe 2. Stamm *a*, Zuckeragar 15tägig.
„ „ 3. „ *b*, Zuckergelatine 1 Monat.
Rechts Reihe 1. Stamm *a*, Weinessigmaische 13tägig.
„ „ 2 und 3. Stamm *a*, Weinessigmaische 1 : 1 mit Wasser verdünnt, 5tägig.

gefaltet. In der Haut traten bisweilen dichtere Stellen in Form von kleinen weisslichen Punkten auf. Im Alter färbte sich die Haut rötlich braun. Die Flüssigkeit bleibt von Anfang bis zu Ende völlig blank.

Schwärmzellen fehlen.

Jodlösung färbt die Bakterie nicht.

Die Zellen treten in Form von gedrungenen (kugelförmigen) oder langgestreckten Stäbchen auf; es finden sich indessen auch zahlreiche Übergänge von beiden Gestalten.

Die Zellen kommen einzeln, zu zweien verwachsen oder auch zu mehreren als Ketten vereinigt vor.

Die Grösse der Zellen betrug, in verdünnter Essigmaische mit Würzezusatz gewachsen, 1,6 bis 2,4 : 0,3 bis 0,4 μ.

Das Temperaturoptimum lag für Essigmaischekulturen bei 28 bis 30° C. Bei einer Temperatur von 16 bis 17° C. fand noch ein ziemlich gutes Wachstum statt, bei 7 bis 8° C. wurde kein Wachstum mehr beobachtet.

Ein Verbrauch der gebildeten Essigsäure tritt jedenfalls nur dann ein, wenn wenig Essigsäure vorhanden ist und sich die Bakterien in kräftigem Zustande befinden.

Beobachtetes Säuremaximum 4,7 pCt. in verdünnter ruhender Essigmaische nach 45 Tagen.

In unverdünnter, in Ruhe befindlicher Weinessigmaische (6 pCt. Alkohol und 4 pCt. Säure) bei 27 bis 30° C. 9 pCt. nach 35 Tagen. Der gebildete Essig ist oft reich an Estern.

Im Rothenbachschen Laboratoriums-Schnellessigbildner wurden aus stark bierhaltiger, mit Pepton versetzter Essigmaische im Maximum 9,3 pCt. Essigsäure in 217 Tagen erzielt.

Die grösste Menge Alkohol, welche die Bakterie verträgt, liegt bei 9 Vol.-pCt. Bei 10 pCt. Alkohol fand nämlich in der folgenden Nährlösung keine Entwicklung mehr statt: 1 pCt. Liebigs Fleischextrakt, 3 pCt. Dextrose, 1 pCt. Pepton und 1 pCt. Essigsäure.

Fundort: Ein Essigbildner der Versuchsessigfabrik.

Gutes Wachstum bzw. Säuerung fand statt in Hefewasser, dem 2 pCt. folgender Zuckerarten usw. zugesetzt waren: Dextrin, Propylalkohol, Glycerin, Arabinose, Dextrose, Milchzucker, Galaktose, Maltose, Raffinose, Erythrit, Mannit, Lävulose und Rohrzucker.

Die Abbildungen Nr. 72 bis 98 sind entweder nach Handzeichnungen Hennebergs angefertigt worden, oder sie sind nach Hennebergschen Präparaten in 1200facher Vergrösserung hergestellt. Die Photographien rühren von Wibiral her. Die Präparate waren mit Gentianaviolett gefärbt worden.

Henneberg prüfte das Wachstum der vorstehend genannten Bakterienarten mit Ausnahme von Bacterium xylinoides in verschiedenen Nährlösungen, welche teils anorganischen, teils organischen Stickstoff enthielten.

Von anorganischen Salzen kamen zur Verwendung: phosphorsaures Ammon, phosphorsaures Kali, saures phosphorsaures Kali, phosphorsaures Natron, schwefelsaures Ammon, schwefelsaurer Kalk und schwefelsaure Magnesia; von organischen Verbindungen: Pepton, Dextrose, Dextrin

und Stärkesirup. Die einzelnen Nährlösungen waren sehr verschieden zusammengesetzt.

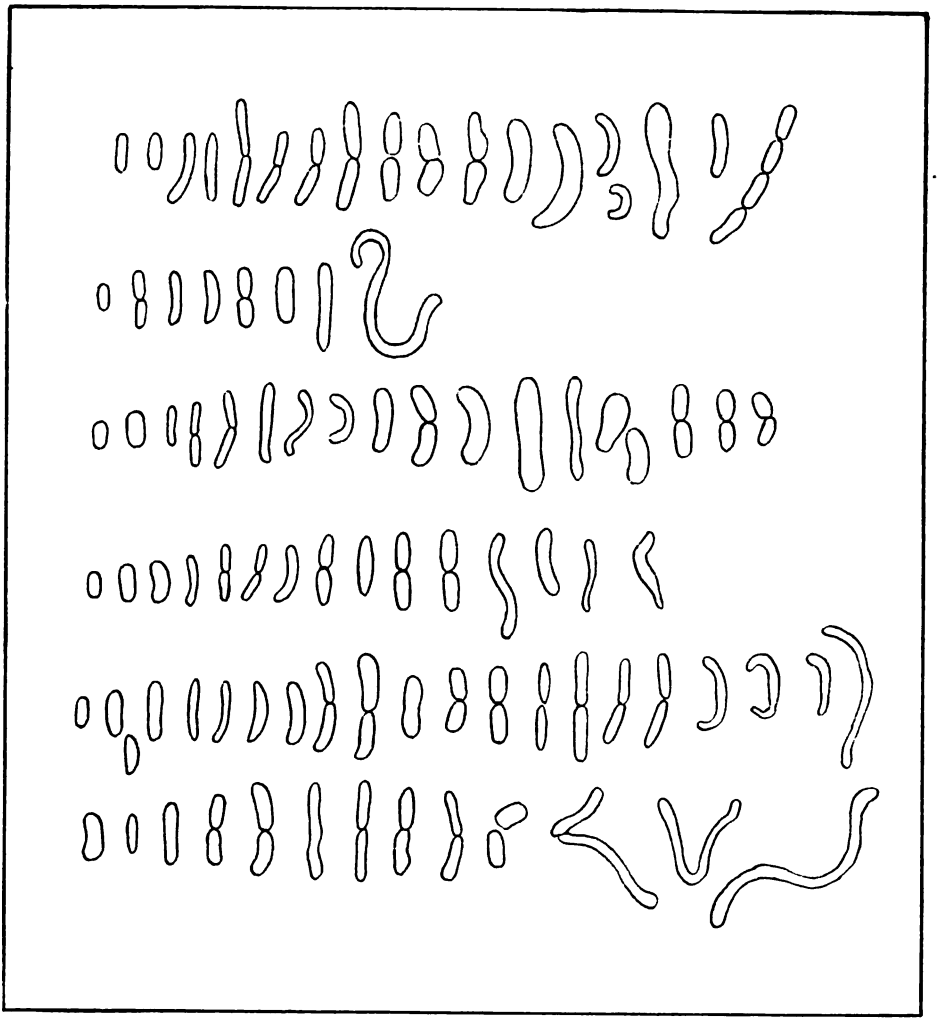


Abb. 98.

Schnellessigbakterien aus den Bildnern der Versuchsessigfabrik und dem Rothenbachschen Laboratoriumsbildner, von Henneberg gezeichnet.

Reihe 1. Ablaufessig eines Reinkulturbildners im Laboratorium, Bacterium Schüzenbachi.
„ 2. Abgeschabt vom Span aus demselben Bildner.
„ 3. Ablaufessig eines Reinkulturbildners im Laboratorium, Bacterium orleanense.
„ 4. Abgeschabt vom Span aus demselben Bildner.
„ 5. Abgeschabt vom Span aus der Tiefe eines Fabrikbildners (5) ohne Reinkultur.
„ 6. Abgeschabt vom Span aus der Oberfläche aus demselben Bildner.

Es zeigte sich, dass diejenigen Lösungen, welche anorganischen Stickstoff enthielten, in der gewählten Zusammensetzung nur für

Bacterium curvum sich günstig erwiesen. Bacterium Schüzenbachi, Bacterium vini acetati gediehen nur günstig in einer Lösung, die neben anorganischen Salzen Stärkesirup enthielt.

Erheblich günstiger erwiesen sich die Lösungen, welche Peptonstickstoff enthielten und gleichzeitig einen reichlichen Zuckerzusatz erhalten hatten. Auch Alkohol wirkte in diesem Falle anregend.

Keine Entwicklung erhielt Henneberg in der Hoyerschen Nährlösung, bestehend aus: destilliertem Wasser, 0,1 pCt. phosphorsaurem Ammon, 0,1 pCt. phosphorsaurem Kali, 0,1 pCt phosphorsaurer Magnesia, 0,1 pCt. essigsaurem Natron, 0,5 pCt. Phosphorsäure (25 pCt.) mit Zusatz von 3 Vol.-pCt. Alkohol.

Ebenso verhielt sich eine der Pasteurschen Nährlösung ähnliche Flüssigkeit, die folgendermassen zusammengesetzt war: 0,2 pCt. phosphorsaures Ammon, 0,1 pCt. saures phosphorsaures Kali, 0,1 pCt. phosphorsaurer Kalk, 0,1 pCt. phosphorsaure Magnesia, 1 pCt. Dextrose, sehr wenig Phosphorsäure bis zur Klärung, ausserdem ein Zusatz von 1 pCt. Alkohol.

Wie Henneberg angibt, blieb die Entwicklung der Essigpilze auch in den anderen Nährlösungen oft ohne jeden ersichtlichen Grund aus, während unter anderen wenig veränderten Bedingungen sich hingegen ein günstiges Wachstum einstellte. Henneberg bezeichnet die vorgenannten Bakterien aus diesem Grunde als geradezu launenhaft.

Eine Schnellessigmaische aus der Versuchsessigfabrik, welche einmal für sich durch wiederholtes Abdampfen ihres Alkohol- und Säuregehaltes beraubt worden war und in einem anderen Falle bei dem Abdampfen einen Zusatz von verschiedenen Nährstoffen, wie Dextrose oder Dextrose plus Pepton in verschiedenen Verhältnissen und Mengen erhalten hatte, wurde mit Bacterium Schüzenbachi, Bacterium vini acetati, Bacterium orleanense und Bacterium curvum geimpft. Auch in diesem Falle trat in der peptonhaltigen Flüssigkeit eine bei weitem bessere Entwicklung der Essigpilze ein, als in der peptonfreien. Durch einen Alkoholgehalt von 4 Vol.-pCt. wurde die Entwicklung der Essigpilze gleichfalls angeregt.

Von natürlichen Nährlösungen erwiesen sich für die genannten Arten folgende als günstig: Bier, ungehopfte Bierwürze mit einem Zusatz von 3 pCt. Alkohol, verdünnte Getreidemaische mit 3 pCt. Alkohol. Hefewasser mit einem Zusatz von Alkohol oder einem Rohrzuckergehalt von 10 pCt. erwies sich indessen als nicht besonders günstig für die erwähnten Essigpilze. Dagegen wuchsen Bacterium xylinum und Bacterium xylinoides in Hefewasser mit Rohrzuckerzusatz gut.

Unverdünnte Essigmaische erwies sich als äusserst ungünstig. Nach $1\frac{1}{2}$ Monaten war nur ein Stamm des Bacterium Schüzenbachi in geringem Grade zur Entwicklung gekommen. Nach Ansicht Hennebergs ist

der hohe Säuregehalt der Schnellessigmaische daran Schuld. Durch einen geringen Zusatz von Getreidemaische zur Schnellessigmaische wird das Wachstum der Bakterien (Bacterium Schüzenbachi und Bacterium orleanense) erheblich begünstigt. Als besonders günstig für die Entwicklung der Bakterien nennt Henneberg folgende Mischungen:

1. 1 Teil Essigmaische, 3 Teile sehr dünne, ungehopfte Würze (am 13. Tage gute Entwicklung der geprüften vier Arten),
2. 1 Teil Essigmaische, 1 Teil oder 2 Teile dünne Getreidemaische (besonders gute Entwicklung bei fünf Arten, also auch bei Bacterium xylinoides),
3. 1 Teil Essigmaische, 1 Teil Bier, 1 Teil Wasser.

Unverdünnte Weinessigmaische erwies sich für Bacterium Schüzenbachi, Bacterium curvum und Bacterium xylinum sehr ungünstig; erheblich günstiger dagegen für Bacterium xylinoides und Bacterium vini acetati, ausserdem auch für Bacterium orleanense.

Hingegen wirkte mit Wasser verdünnte Weinessigmaische stets günstiger.

In unverdünntem Wein trat bei keiner Art eine Entwicklung ein. Auch nach der Verdünnung erwies sich Wein nicht als günstig. Die fixe Säure des Weins hinderte das Wachstum.

Gegen grössere Mengen freier Essigsäure sind die Bakterien, wenn die Säure von Anfang an vorhanden ist, sehr empfindlich. Dagegen ist eine geringe Menge Essigsäure nicht störend.

Je höher der Alkoholgehalt der Nährflüssigkeit (Weinmaische plus Würze plus Wasser) war, desto schwieriger gingen die Essigpilze an (Bacterium xylinoides).

Die Art und das Alter der Ausgangskulter ist von grossem Einfluss auf dass Gedeihen der Kulturen auf flüssigen Nährmedien. Henneberg gibt folgende Vorschrift zum Überimpfen der Pilzkulturen:

Würzeagarkulturen impft man zunächst in Weinessigmaische, die mindestens mit gleichen Teilen Wasser versetzt wurde. Die entstandene Haut wird nach einigen Tagen in die unverdünnte Weinessigmaische übertragen.

Weinessigkulturen bringt man entweder ebenfalls zuerst in verdünnte Weinessigmaische und überträgt nach einigen Tagen die Haut auf unverdünnte — oder man bringt sie sofort, wenn sie gleiche Verwendung finden kann, in die unverdünnte pasteurisierte Weinessigmaische.

Beijerinck und Hoyer (Centralblatt für Bakt. Abt. II 1898, Nr. 6 und Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 35, sowie dieselbe Zeitschrift 1899, Nr. 1 ffg.) wenden sich gegen die Zersplitterung des Systems der Essigbakterien durch Aufstellung neuer Arten, die sich nur durch irgend eine neue erbliche Eigentümlichkeit unterscheiden. Sie machen den

Vorschlag, nur gut zu definierende Gruppen von Essigpilzen aufzustellen, die aus Reihen von Varietäten bestehen.

Beijerinck unterscheidet vier solcher Gruppen oder Arten: 1. Bacterium aceti (Pasteur) oder Schnellessigpilze. 2. Bacterium rancens. 3. Bacterium Pasteurianum. 4. Bacterium xylinum. Zu Gruppe 3 und 4 gehören die Bieressigbakterien.

Bacterium rancens (Beijerinck). Nach Hoyer findet gute Hautbildung auf Bier statt. Die Haut ist faltig und trocken.

Sie klettert an der Glaswandung des Zuchtkolbens empor. In älteren Kulturen sinkt die Haut leicht zu Boden, die Flüssigkeit bleibt aber

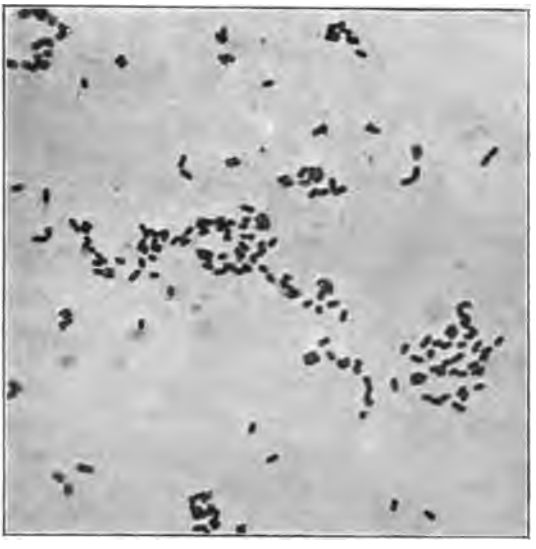


Abb. 99. Bacterium rancens (Beijerinck).
(Bierkultur.)
Präparat von Henneberg, gefärbt mit Gentianaviolett, photographiert von Wibiral.
Vergrösserung 1200fach.

ziemlich klar. Die Zellen bestehen aus kurzen Stäbchen, die vielfach zu langen Ketten vereinigt sind.

In einer künstlichen Nährlösung, bestehend aus 100 Teilen Leitungswasser, 3 Teilen Alkohol, 0,05 Teilen Ammonphosphat und 0,01 Teilen Chlorkalium (an Stelle von Leitungswasser kann auch destilliertes Wasser benutzt werden, falls diesem eine geeignete Kohlenstoffquelle, am besten etwas Essigsäure zugesetzt wird) kommt nach Beijerinck Bacterium rancens nicht zur Entwicklung.

Eine Strichkultur von Bacterium rancens auf Biergelatine ist nach Hoyer trocken und schmal, auf Malzgelatine hingegen sehr breit und schleimig; sie unterscheidet sich durch plattenartige Ausläufer. Streicht

man diese Ausläufer wieder auf Malzgelatine und impft man mit den neu entstandenen Ausläufern Bier, so findet wohl eine starke Entwicklung der Bakterien und auch eine starke Säuerung statt; Hautbildung tritt aber nicht ein. Es ist eine neue Varietät entstanden, die dem Hoyerschen Bacterium rancens var. muciparum nahesteht.

Nach Hoyer bildet Bacterium rancens aus Dextrose Glukonsäure. Es entsteht aber weder aus Rohrzucker noch aus Maltose oder Lävulose eine Säure.

Fundort: Verschiedene Biere.

Bacterium Pasteurianum var. colorium (Beijerinck). Nähert

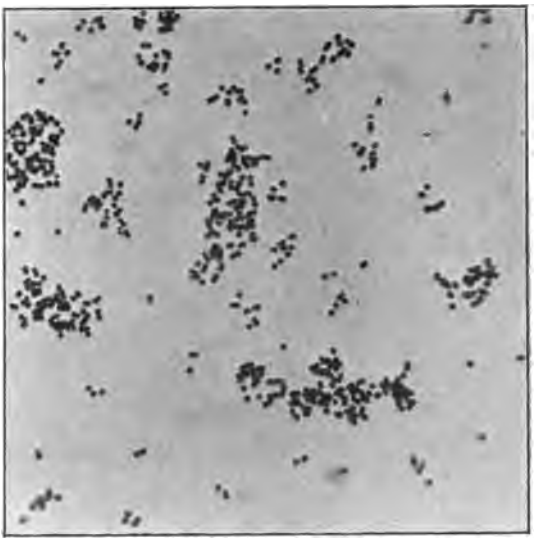


Abb. 100. Bacterium rancens var. zythi (Beijerinck).
(3tägige Bierkultur.)
Präparat von Henneberg, gefärbt mit Gentianaviolett, photographiert von Wibiral.
Vergrösserung 1200fach.

sich im Mangel an Hautbildung dem Bacterium rancens muciparum.

Mit Jodjodwasserstoff Blaufärbung.

Gefunden wurde diese Bakterie im Bodensatz von obergärigem Bier.

Bacterium aceti var. agile (Beijerinck).

Bildet Schwärmzellen aus.

Fundort: Späne von Schnellessigbildnern.

Aus den Arbeiten Beijerincks geht noch folgendes hervor:

Die auf den Spänen der Schnellessigbildner vorkommenden Essigbakterien sind nach Beijerinck mit dem von Pasteur beschriebenen Bacterium aceti (von Pasteur Mycoderma aceti genannt, der Verfasser,) identisch.

Die Bieressigbakterien sind nicht oder nur zufällig und unbewusst von dem französischen Gelehrten untersucht worden.

Bei Essigsäure als Kohlenstoffquelle decken die Schnellessigbakterien (Bacterium aceti Pasteur) sehr gut ihren Stickstoffgehalt aus Ammonsalzen. Die Bieressigbakterien gebrauchen dagegen zu ihrer Nahrung Peptone, weil sie bei Gegenwart von Essigsäure (Kohlenstoffquelle) weder Ammonsalzen noch Amiden den nötigen Stickstoff entlehnen können.

Bacterium Pasteurianum verhält sich wie die Essigpilze der Gruppe Bacterium rancens.

Bacterium xylinum kann auch Amide als Nährstoffe verwerten, nicht aber Ammonsalze bei Abwesenheit von Zucker und Essigsäure.

Sind Essigsäure oder Acetate und ausserdem noch Dextrose, Rohrzucker, Mannit oder Glycerin in der Nährflüssigkeit enthalten, so ändert sich das Stickstoffbedürfnis der Essigpilze vollständig. So können beispielsweise bei Gegenwart von Glukose Bacterium rancens und Bacterium xylinum auch Ammonsalze und selbst Nitrate, diese aber schwieriger, als Stickstoffquelle benutzen.

Beijerinck gelangt also zu dem beachtenswerten Ergebnis, dass die Stickstoffquelle durch die Natur der Kohlenstoffquelle bedingt wird.

Der Peptonstickstoff kann nicht bloss von den Bakterien der Gruppe rancens, sondern auch sehr gut von den von Beijerinck als Schnellessigbakterien bezeichneten Pilzen assimiliert werden. Sonach bilden Schnellessigbakterien nach Beijerinck auch auf Bier Häute. In der Konkurrenz indessen mit Bieressigbakterien erlangen diese die Oberhand und unterdrücken die Bakterien der Gruppe aceti.

Die Schnellessigbakterien, die Beijerinck zu den Konkurrenzversuchen benutzte, hatte er von Essigspänen aus einem Schnellessigbottich isoliert; er kannte dieselben als sehr kräftige Essigbildner bei Verwendung von Nährflüssigkeit, die, abgesehen von Alkohol, auch Ammonphosphat enthielt.

Auf dieser Nährlösung entwickeln diese Essigpilze mit grosser Leichtigkeit schneeweisse, zusammenhängende Häute.

In den Schnellessigbildnern finden sich auf den Spänen nach Beijerinck zwei Formen von Bacterium aceti (Schnellessigpilz). Die Hauptform, Bacterium aceti, ist unbeweglich, die Varietät ist ein beweglicher Mikrokokkus, welchen Beijerinck Bacterium aceti var. agile nennt.

Nach Beijerinck gibt es auch „Essigbakterien, welche keinen Essig bilden". Dieselben waren, wie Beijerinck mitteilt, unzweifelhaft zufolge einer spontanen Variation einzelner Individuen aus echten Essigbakterien hervorgegangen.

Bacterium xylinum bildet reine Cellulose; vgl. auch Browns Arbeit über diesen Gegenstand.

Abgesehen von Bacterium xylinum bilden, wie Beijerinck angibt, auch mehrere Varietäten von Bacterium rancens und Bacterium Pasteurianum einen celluloseartigen Körper. In beiden Fällen ist indessen die Natur des celluloseartigen Stoffes weicher als bei Bacterium xylinum. Es entsteht, namentlich bei einigen Varietäten von Bacterium rancens, auf dazu geeigneten Flüssigkeiten ein deutlicher Bakterienschleim.

Einer derartigen Schleimbildung bei einzelnen Arten von Essigpilzen schreibt Beijerinck das „Langwerden" von Bieren zu; auch erklärt er hiermit die schleimige Entartung der Gerbebrühe in den Gerbereien.

Obwohl dieser Schleim bei Bacterium Pasteurianum nur in sehr geringem Masse entwickelt ist, so ist er doch auch hier zweifelsohne vorhanden, und diesem Umstande ist die blaue Reaktion mit Jod zuzuschreiben.

Der celluloseartige Körper ist nicht Granulose, denn einmal bildet sich der blaue Farbstoff nicht durch reines Jod allein, wie bei Granulose; es ist vielmehr die Anwesenheit einer Säure, das ist im vorliegenden Falle Jodwasserstoff, erforderlich. Zweitens wird der mit Jodjodwasserstoff sich blaufärbende Schleim von Diastase nicht angegriffen.

Da im mikroskopischen Präparate die Bakterienzellen braun erscheinen, während die Zwischenräume (Schleimmassen) eine blaue Färbung annehmen, ergab sich für Beijerinck die Frage, ob der blaugefärbte Schleim als feste Zellwand oder als eine flüssige abgeschiedene Masse anzusehen sei. Durch Diffusion gelang es ihm nachzuweisen, dass das letztere der Fall ist.

Der bei Abwesenheit von Bakterienzellen untersuchte Schleim stellte sich als eine eigentümliche Modifikation der Cellulose heraus, die zwar infolge ihres Diffusionsvermögens einzig dasteht, aber doch in mancher Hinsicht an die Zellwände der Samen höherer Pflanzen erinnert.

Diastase übt auf die Schleimcellulose keinen Einfluss aus; dieselbe ist als eine neue Modifikation der Cellulose anzusehen.

Von Beijerinck wurde der Froschlaichpilz Leuconostoc Lagerheimii (Ludwig) (Centralbl. f. Bakt., Abt. II, 1897, Nr. 17/18) als eine Essigbakterie erkannt. Die durch die Bakterien veranlassten Schleimflüsse von Bäumen zeigen einen intensiven Estergeruch.

Auch Frankland, Gregor, Frew und Fitz beschrieben Bakterien, welche aus Calciumglycerat neben anderen Stoffen auch Essigsäure und zwar teilweise in Form von Estern bilden.

Hoyer hat mehrere Varietäten von Bacterium rancens, dessen Hauptvarietät bereits vorstehend beschrieben wurde und von Bacterium Pasteurianum als Reinkulturen isoliert und näher untersucht.

Bacterium rancens var. zythi. Die Haut hat grosse Ähnlichkeit mit derjenigen von Bacterium rancens, nur ist sie noch etwas trockener und sinkt auch leichter zu Boden.

Die Bakterie besitzt ein sehr starkes Oxydationsvermögen, sowohl Alkohol wie Essigsäure gegenüber und zeigt bei Anwesenheit von Dextrose ein sehr schleimiges Wachstum.

Oxydiert wird Dextrose zu Glukonsäure, aber weniger stark als bei Bacterium rancens, Hauptvarietät und Bacterium rancens var. muciparum.

Fundort: Eine Haut, die auf einem Bieressigbottich schwamm.

Bacterium rancens var. celiae. Die Haut ist viel nasser als im vorigen Fall. Die Haut schwimmt nicht an der Oberfläche der Flüssigkeit, sondern etwas unter derselben. Sie ist schleimig und marmoriert.

Beim Züchten dieses Pilzes in Bier, welches sich in einem Kölbchen befindet, tritt gar keine Hautbildung ein; die Bakterie lebt innerhalb der Flüssigkeit.

Die einzelnen Zellen bestehen aus kurzen, dicken Stäbchen, die zuweilen zu zweien vereint sind, ähnlich dem Termobacterium aceti (Zeidler) und Bacterium oxydans (Henneberg).

Bacterium rancens var. agile. Ist der vorigen Varietät ganz gleich, unterscheidet sich aber davon durch Schwärmfähigkeit; cfr. Termobacterium aceti (Zeidler) und Bacterium oxydans (Henneberg); der Verfasser.

Durch Überimpfen geht die Schwärmfähigkeit meist verloren.

Fundort: Schweres, untergäriges Bier und Grabenwasser in Delft.

Bacterium rancens var. muciparum. Nasse, dünne Haut, die auf Bier, welches sich in Bechergläsern befindet, erst spät, wenn die Säurebildung fast beendet ist, entsteht. Im Kölbchen tritt keine Hautbildung ein.

Die einzelnen Zellen bestehen aus kurzen, etwas eingeschnürten Stäbchen.

Fundort: Schweres, untergäriges Bier.

Bacterium Pasteurianum. Die Hauptvarietät beschreibt Hoyer einfach unter diesem Namen.

Mit Jodlösung behandelt, wird die Bakterie stark blau gefärbt. Auch ein auf Biergelatine gewachsener Impfstreifen färbt sich selber mit Jod stets blau. Dieser Impfstrich entwickelt aber im Alter plattenförmige Ausläufer, die sich mit Jod nicht mehr blau färben. Werden von diesen Ausläufern neue Striche auf Biergelatine abgeimpft, so tritt auch bei diesen keine Blaufärbung mehr ein. Es ist also eine neue Varietät entstanden, die sich nicht von Bacterium rancens unterscheiden lässt.

Fundort: Schweres, untergäriges Bier.

Bacterium Pasteurianum var. variabile. Die Strichkulturen dieser Varietät zeigen nach einigen Tagen mehrere Kolonien, welche sich nicht mehr mit Jod blau färben. Die Anzahl dieser Kolonien nimmt solange zu, wie das Wachstum anhält. Hierdurch treten die blauen

Kolonien in den Hintergrund; sie verschwinden aber niemals. Wird von einer Kolonie, welche die Eigenschaft des Blaufärbens verloren hat, ein Teil abgeimpft, so entsteht von neuem eine sich blaufärbende Kultur.

Bacterium Pasteurianum var. agile. Was die Jodreaktion anbelangt, so stimmt diese Varietät mit der vorigen überein.

Durch Schwärmzellen unterscheidet sie sich indessen davon.

Fundort: Delfter Grabenwasser.

Hoyer kommt in seiner umfangreichen Arbeit noch zu folgenden Resultaten:

Die Nahrung der Essigpilze ist einzuteilen in genetische und in zymotische Nährstoffe. Die ersteren veranlassen das Wachstum und die Vermehrung der Zellen; die zymotische Nahrung bedingt die Gärungserscheinungen.

Die genetischen Nährstoffe setzen das Vorhandensein folgender Elemente voraus: Wasserstoff, Sauerstoff, Kohlenstoff, Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium.

Als Stickstoffquelle können dienen: Pepton, Asparagin, Nitrate und Ammonsalze.

Der Kohlenstoff wird gedeckt aus Dextrose, Essigsäure, Natriumacetat, Natriumlactat und bei Bacterium xylinum und Bacterium aceti (Pasteur) auch aus Rohrzucker, und zwar ist die Art der Kohlenstoffnahrung abhängig von bestimmten Stickstoffquellen und umgekehrt.

Nicht für alle Essigpilze bilden Ammonsalze eine Stickstoffquelle, wenn als Kohlenstoffquelle nur Essigsäure vorhanden ist. Nur Bacterium aceti (Pasteur) und die zu dieser Gruppe gehörenden Schnellessigpilze können sich unter diesen Bedingungen entwickeln.

Rohrzucker wird nicht von allen Essigbakterien invertiert. So verhalten sich die zu den Gruppen Bacterium rancens und Bacterium Pasteurianum gehörenden Essigpilze indifferent gegenüber Rohrzucker. Bacterium aceti (Pasteur) und Bacterium xylinum invertieren indessen den Rohrzucker.

Alkohol kann den Essigpilzen nur als zymotische, nicht aber als genetische Nahrung dienen.

Milchsäure, Bernsteinsäure, Citronensäure, Apfelsäure, Glukonsäure und die Kalksalze der Essigsäure, Milchsäure, Propionsäure können, abgesehen von den schon früher bekannten Stoffen, als zymotische Nahrung benutzt werden. Weinsäure wird dagegen von den Essigpilzen nicht verbraucht.

Kaliumsalze sind bei gleicher molekularer Konzentration schädlicher als die entsprechenden Natriumverbindungen.

Bei dem Wachstum von Essigbakterien tritt stets eine Entwicklung von Kohlensäure auf. Hierauf sind die Verluste bei der Essigfabrikation zurückzuführen.

Die Ausbeute an Essigsäure beträgt für die hautbildenden Bier-

essigbakterien durchschnittlich 77 pCt. und für die untergetaucht lebenden Arten 85 pCt.

Alkohol hat unter 4 pCt. keinen Einfluss auf das Wachstum der Essigpilze der Gruppe Bacterium rancens In einer Konzentration von über 4 pCt. wirkt er aber verzögernd. Ein Wachstum ist bei einem Alkoholgehalt von über 9 pCt. überhaupt nicht mehr möglich.

Essigsäure bildet in jeder Konzentration ein Hemmnis für die Entwicklung der Essigpilze.

Gegen osmotische Druckänderungen sind die Essigbakterien stark unempfindlich.

Wermischeff hat (Annal. de l'Institut Pasteur 1893, p. 213) über Weinessigbakterien berichtet. Er erwähnt zwei Arten, beschreibt sie indessen nur mangelhaft.

Die eine Art ist jedenfalls mit dem Bacterium xylinum (Brown) identisch oder doch nahe verwandt mit diesem. Sie bildet auf Flüssigkeiten eine zähe, schleimige, nach und nach dicker werdende Haut, welche, mit Schwefelsäure und Jod behandelt, die Cellulosereaktion zeigt.

Die andere Art entwickelt auf Nährflüssigkeiten ein zartes Häutchen.

Dasselbe klettert an den Gefässwandungen empor und sinkt im späteren Vegetationsstadium leicht zu Boden; die Flüssigkeit trübt sich dann.

Die Zellen sind kettenartig untereinander verbunden; einzelne Zellen bilden Fäden, die teilweise blasenartige Auftreibungen zeigen.

Auch Seifert (Centralbl. f. Bakt., Abt. II, 1897, Nr. 15/16) isolierte Weinessigpilze. Er ging hierbei in der Weise vor, dass er einen stark essigstichigen Weisswein teils mit sterilem Lagerbier, teils mit verflüssigter, zehnprozentiger Würzegelatine vermischte. Im ersteren Falle wurde eine grössere Anzahl von Kulturen nach der Verdünnungsmethode in kleinen Kölbchen angestellt, im zweiten wurde das Gemisch von Wein und Nährgelatine in Petrischalen ausgegossen. In beiden Fällen trat nach einigen Tagen eine Entwicklung der Organismen ein. Von der Gelatine wurde ein Teil der entstandenen Kolonien in steriles Lagerbier eingeimpft. Sowohl die von der Gelatine auf Lagerbier übertragenen Kulturen, wie diejenigen, welche nach der Verdünnungsmethode ohne Benutzung von Gelatine erhalten wurden, liessen drei verschiedene Typen von Essigpilzen erkennen, die von Seifert aber nicht mit Namen bezeichnet wurden.

Die eine Art ist mit dem Bacterium xylinum (Brown) identisch. Über die anderen beiden Arten ergibt sich aus Seiferts Beschreibung folgendes:

Art II. Das Häutchen ist zart.

Es klettert stark; nur an denjenigen Stellen des Glasgefässes nicht, welche von Wärmestrahlen getroffen werden.

Die Nährflüssigkeit trübt sich. Mit Jod tritt keine Blaufärbung ein.

Die Zellen der Bakterie kommen in Kulturen bei 25° C. gezüchtet meist vereinzelt oder zu zweien vereinigt vor; Kettenbildungen sind selten. Die Zellen sind etwas dicker als diejenigen des Bacterium aceti (Hansen). Schwärmzellen treten nicht auf. Involutionsformen bilden sich bei 34° C. auf Bier in Form von Fäden, die eine Länge von 140 μ erreichen. Bei einer Temperatur von 39—40° C. sind die dünnen Fadenzellen sehr zahlreich; sie wachsen häufig bis zu einer Länge von etwa 80 μ aus. Auch ausgebuchtete Formen kommen bei dieser Temperatur häufig vor. Überlässt man die bei 40° C. gewachsenen Kulturen bei 30—34° C. sich selbst, so wandeln sich die Langfäden schon innerhalb von 24 Stunden in die Kettenform um und lösen sich bald darauf in Einzelindividuen auf. Nach 48 Stunden finden sich nur noch vereinzelte lange Fäden mit Ausbuchtungen vor. Etwas anders ist das Resultat, wenn die bei 40° C. gewachsenen Langfäden auf neues steriles Lagerbier übertragen und bei 34° C. in den Thermostaten gestellt werden. Es finden sich unter diesen Umständen selbst nach drei Tagen noch sehr viele angeschwollene Fäden vor; teilweise sind dieselben allerdings auch schon im Zerfallen begriffen.

Seifert rechnet diese Bakterie zur Gruppe Bacterium aceti (Hansen).

Fundort: Stichiger Weisswein.

Art III. Die Haut dieses Pilzes ist runzeliger und trockener als bei der vorigen Bakterie. Sie erhebt sich nur wenig über die Oberfläche des Nährsubstrates.

Mit Jodlösung tritt Blaufärbung ein.

Die Eigenschaften dieses Pilzes stimmen auch sonst mit denjenigen von Bacterium Pasteurianum (Hansen) überein, so dass Seifert Identität mit dieser Bakterie annimmt.

Fundort: Stichiger Wein.

Bacterium Pasteurianum (Hansen) kommt sonach nicht nur in Bier, sondern auch in saurem Wein vor. —

Von dem Verfasser dieses Buches wurden verschiedene Essigpilze sowohl aus stichigem Bier, Wein und fertigem Essig, wie vor allen Dingen aus gärenden Essigkufen und Schnellessigbildnern als Reinzuchten isoliert.

Eine Bakterie, die sich in fast allen nach dem Orleansverfahren arbeitenden Fässern und Kufen, sowie auch wohl in sämtlichen Schnellessigbildnern, die Boerhaveschen und Drehessigbildner mit eingerechnet, findet, ist das

Bacterium xylinum.

Zwar kommt es vor, dass man in einer Haut, die sich auf einer gärenden Kufe gebildet hat, die Bakterie nicht findet, und sind es

namentlich junge Häute gärkräftiger Bakterienmassen, die sich schnell auf der Wein- oder Biermaische entwickelt haben, in welchen der Nachweis von dem Vorhandensein des Bacterium xylinum bisweilen nicht oder nur schwierig gelingt. Vorhanden ist diese Bakterie aber doch meist in dem betreffenden Bottich. Man findet sie in dem Bodensatz, in der Haut zur Zeit eines späteren Vegetationsstadiums oder auch im fertigen Essig.

Lässt man einen mit Bacterium xylinum inficierten Wein-, Bier-, Malz- oder anderen Fruchtessig von niederem oder mittlerem Säuregehalt in einer nicht oder nur lose verschlossenen Flasche stehen, so kann es passieren, dass hintereinander zahlreiche Häute von Bacterium xylinum entstehen, die untersinken, bis sich schliesslich die ganze Flasche mit den Zooglöen der Bakterie angefüllt hat.

Schon bei mehrfacher Bildung der lederartigen Häute auf Wein-, Bier- und Malzessig usw. wird derselbe abschmeckend, weil nicht nur Essigsäure, sondern auch Aroma- und Extraktstoffe durch die Bakterie aufgezehrt werden.

Durch Filtrieren, Pasteurisieren und einen hohen Säuregehalt schützt man fertige Essige vor den Zerstörungen durch Bacterium xylinum.

Abgesehen von der bekannten Varietät des Bacterium xylinum mit den von Brown zuerst beschriebenen Eigenschaften fand der Verfasser in einem Weissweinessig ein

Bacterium xylinum mit rötlichbrauner Zooglöa (Deutsche Essigind. 1898, Nr. 1).

Die starke, kompakte und lederartig zähe Haut besitzt eine glatte Oberfläche, aus der sich in gewissen Abständen blasenförmige Erhöhungen erheben.

In den Schnellessigbildnern kommt nach den Untersuchungen des Verfassers Bacterium xylinum fast durchgehendst vor; es wird kaum einen Schnellessigbildner geben, der frei davon ist.

Besonders sind es diejenigen Apparate, auf denen Maischen verarbeitet werden, die einen Zusatz von extraktreichen Nährstoffen, wie Bier, Wein, Malzauszüge usw., erhalten, in denen sich grössere Massen dieser Bakterie finden. Nicht nur die Berieselungsvorrichtungen, wie Siebböden und Drehkreuze, sind in diesem Falle häufig gänzlich durch die Bakterie verschleimt, auch die Späne zeigen zahlreiche Schleimansammlungen, wodurch eine gleichmässige Verteilung des Essiggutes verhindert wird. Das Bacterium xylinum gibt somit häufig Veranlassung zu Betriebsstörungen.

Das in Schnellessigbildnern vorkommende Bacterium xylinum wächst allerdings meist nicht zu so dicken Zooglöen aus wie in ruhenden Flüssigkeiten. Die Dicke der Häutchen beträgt auf Essigspänen, die nicht

allzu stark mit diesem Pilze infiziert sind, etwa $^1/_2$—1 *mm*. Auch die Flächenausdehnung der Zooglöen ist nicht so stark wie auf unbewegten Flüssigkeiten. Allerdings kommt es auch vor, dass Siebböden bis zur Hälfte, drei Viertel ihrer Oberfläche und noch mehr von den Schleimmassen dieses Pilzes überzogen sind. Derartig starke Wucherungen treten aber erst dann ein, nachdem die Mehrzahl der Löcher verstopft ist, die Bakterie also nicht mehr in ihrem Wachstum durch die zufliessende Maische gestört wird. In diesem Falle erreicht die Bakterienhaut auch eine Dicke von mehreren Millimetern; sie bildet zuweilen centimeterlange Schleimmassen aus, die bei horizontaler Lage des Siebbodens tropfsteinartig von der Fläche desselben herabhängen.

Aber auch in Schnellessigbildnern, die mit Maischen arbeiten, welchen kein Wein oder Bier, sondern nur Nährsalze oder Nährsalze und unvergorener Sirup zugesetzt wird, findet sich mit der Zeit Bacterium xylinum ein, wenn auch bei weitem nicht in so starkem Masse, als wenn extraktreiche Nährstoffe gegeben werden.

Wird ein Teil der dünnen Schleimmassen des Bacterium xylinum aus Schnellessigbildnern auf Bier oder Wein übertragen, so wächst der Pilz im Zuchtkolben zu den bekannten dicken, lederartigen Zooglöen aus.

Fünf Jahre, nachdem die Bildner der Versuchsessigfabrik nur mit Salzen und unvergorenem Sirup gearbeitet hatten — abgesehen von kurzen Perioden von Betriebsstörungen, zu welchen Zeiten Bier und bisweilen auch Hefeabkochung gegeben wurde — konnte in sämtlichen neun Apparaten der Versuchsessigfabrik das Bacterium xylinum nachgewiesen werden. Nach weiteren zwei Jahren wurde es von 8 in 7 Bildnern aufgefunden. Der neunte Apparat arbeitete damals mit Reinzuchtessigpilzen. (Deutsche Essigindustrie 1906, Nr. 2.)

In zahlreichen anderen Schnellessigfabriken wurde diese Bakterie vom Verfasser gleichfalls nachgewiesen.

Über das Vorkommen von Bacterium xylinum in Schnellessigbildnern hat der Verfasser auch in der Deutschen Essigindustrie vom Jahre 1898, Nr. 29—31, Angaben gemacht.

Das Auftreten von Bacterium xylinum in Schnellessigapparaten wird vom Verfasser bei Betriebsstörungen bisweilen dazu benutzt, um nachzuweisen, ob in nicht mehr ziehenden Bildnern noch lebende Bakterien vorhanden sind. Entwickelt sich in Bier oder Wein, die mit Essig aus einem solchen Bildner geimpft wurden, Bacterium xylinum, so kann man meist annehmen, dass die Schnellessigpilze auch noch am Leben sind.

Aus dem Holze eines nicht mit Kupfer beschlagenen Brennereihefegefässes wurde vom Verfasser eine

Essigbakterie isoliert, die in gewisser Hinsicht mit dem Termobacterium aceti (Zeidler) Ähnlichkeit hat, in anderer aber wieder wesentlich von demselben abweicht.

Die Haut ist dünn und von losem Zusammenhange, sie verteilt sich beim Schütteln in der Flüssigkeit. An den Glaswänden des Kolbens klettert sie ziemlich stark empor. Die Hautbildung kommt aber im Gegensatz zu der Zeidlerschen Bakterie sehr leicht zustande und überdauert auch, wenn das Zuchtgefäss nicht berührt wird, spätere Vegetationsstadien. Schliesslich zerbricht sie und sinkt zu Boden, den gebildeten Essig leicht trübend.

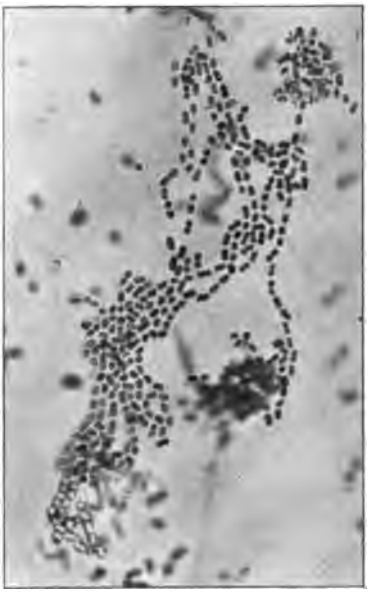


Abb. 101. Bakterium Pasteurianum. Vergrösserung 1000fach. (29tägige Bierkultur.)

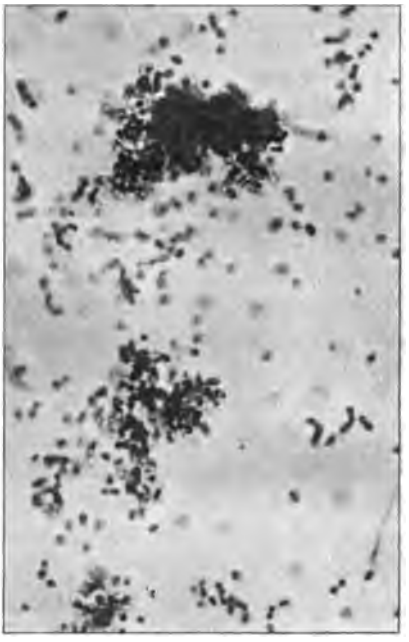


Abb. 102. Bacterium acetigenum. Vergrösserung 1000fach. (16tägige Bierkultur.)

Präparate von Rothenbach. Gefärbt mit Gentianaviolett ohne jegliches Erwärmen, da hierbei stets ein mehr oder minder starkes Einschrumpfen der Zellen beobachtet wurde. Photographiert von Stockhausen.

Die Zellen erinnern in Form und Grösse an diejenigen von Bacterium Pasteurianum. Deutliche Kettenbildung ist gleichfalls vorhanden; indessen sind die Ketten kürzer.

Die einzelnen Zellen bewegen sich. Das Schwärmen geht aber äusserst träge vor sich und hört schon bei einer Säuerung von 0,8 pCt. auf.

Säuerungsmaximum in Bier bei 26° C. 7,4 pCt. Die Essigsäure wird, namentlich wenn die Säuerung wegen Mangel an Alkohol in der Kulturflüssigkeit keine starke gewesen ist, wieder aufgezehrt.

Mit Jod keine Blaufärbung.

Bacterium Pasteurianum wurde wiederholt von dem Verfasser aus stichigen Bieren und auch aus gärenden Biermaischen isoliert.

Die erhaltenen Kulturen variierten indessen sowohl in der Hautbildung wie in dem Säuerungsvermögen.

Wenn auch die Häute im allgemeinen die zuerst von Hansen beschriebenen Eigenschaften zeigten, so unterschieden sie sich doch etwas in der Stärke, in der Faltung und in der Neigung, sich ein wenig aus der Nährflüssigkeit zu erheben.

Manche Häute kletterten so gut wie gar nicht, manche deutlich, aber immerhin nicht hoch.

Involutionsformen traten in allen Fällen leicht auf; indessen machten sich auch hierin Unterschiede bemerkbar. — Schwärmzellen wurden niemals beobachtet.

Das Säuremaximum schwankte bei den einzelnen Kulturen zwischen 2,9 und 5,6 pCt. Temperatur 32° C. Als Nährflüssigkeit diente hierbei Lagerbier und Berliner Weissbier, beides mit und ohne Zusatz von Hefewasser.

Bacterium rancens wurde noch häufiger als die vorige Art vom Verfasser aus verschiedenen sauer gewordenen Flüssigkeiten, in einem Falle auch aus der Sauce von Bratheringen, die in Bieressig eingelegt waren, isoliert.

Auch diese Bakterien zeigten je nach dem Ursprunge geringe Abweichungen in der Hautbildung, namentlich was Stärke und Konsistenz anbelangt.

Besonders hervorgehoben muss werden, dass bei einer Varietät — die Bakterie war aus einem gärenden Bottich, der Biermaische enthielt, isoliert worden — auf Bier und Hefewasser bei einer Temperatur von 32° C. ein Säuremaximum von 7,9 pCt. Säure ermittelt wurde.

Die faltige, trockene Haut kletterte nur wenig an der Glaswandung des Zuchtkolbens empor. Sie hielt sich ziemlich lange auf der vergorenen Flüssigkeit, welche ganz schwach getrübt wurde.

Die Zellen dieser Bakterie waren verhältnismässig klein und vielfach in guten Ketten vereinigt. Involutionsformen waren selten; selbst bei 40° C. nicht zu häufig.

Essigpilze, die in dem Aussehen und sonstigen Eigenschaften der Haut Ähnlichkeit mit dem

Bacterium aceti (Hansen), dem Bacterium aceti (Pasteur) und Bacterium aceti friabile (Zeidler) hatten, wurden vom Verfasser gleichfalls aufgefunden. Da indessen das Säuerungsvermögen dieser Bakterien nur ein beschränktes (etwa 2—5 pCt) war — auch bei denjenigen Arten, die Bacterium aceti (Pasteur) glichen, nur 6,8 pCt. im Maximum —, wurde von einer näheren Untersuchung derselben abgesehen.

Einige dieser Pilze stammten aus Schnellessigbildnern (Deutsche Essigindustrie 1898 Nr. 35).

Von Weinessigbakterien wurde eine grössere Anzahl vom Verfasser isoliert und auf ihre Eigenschaften geprüft (Deutsche Essigindustrie 1898 Nr. 1 und 1899 Nr. 30).

Art I. Bildete auf Wein ein sehr feines, schleierartiges Häutchen, welches nicht kletterte; im Alter traten feine Falten auf. Die Haut zerriss ziemlich schwer. Trat ein Zerreissen ein, so sank die Haut in grösseren Fetzen zu Boden, ohne dass der Wein im geringsten getrübt wurde.

Die Zellen waren klein. Kettenbildung kam vor, war aber nicht sehr ausgeprägt. Involutionsformen waren bei 30—32° C. selten. Auch bei 40° C. waren eventuelle Ausbuchtungen der Fäden, die in diesem Falle zahlreicher waren, nur flach. Schwärmzellen traten vereinzelt zu Beginn der Hautbildung auf.

Säuerungsmaximum bei 30—32° C. in Weisswein + Hefewasser + Alkohol 8,4 pCt.

Fundort: Ein Weinessig von 6,7 pCt. Säuregehalt aus Süddeutschland, der nach Beendigung der Gärung der Versuchsanstalt eingesandt worden war. In der süddeutschen Fabrik wurde in den Fässern, aus denen die Bakterie stammte, ein Essig gewonnen, dessen Säuregehalt zwischen 6 und 7,25 pCt. schwankte.

Art II. Das Aussehen der Haut war ebenso wie bei Art I. Die Haut zerriss aber leichter wie dort. Der Wein wurde nicht getrübt.

Die Zellen hatten Ähnlichkeit mit denjenigen des Bacterium aceti-genum. Schwärmzellen wurden nicht beobachtet.

Die Bakterie bildete im Fabrikbetriebe aus einer Maische von 6,4 pCt. Alkohol und 3,7 pCt. Säure einen Essig von 8 bis 8,5 pCt. Säure.

Säuerungsmaximum in Weinmaische, die durch Alkohol verstärkt war + Hefewasser, bei 32° C. sogleich nach dem Isolieren 9,0 pCt. Nach Akklimatisierung, ungefähr zwei Monate nach dem Isolieren, 11,2 pCt.

Fundort: Berliner Weinessig.

Art III. Sehr feines, glattes Häutchen auf Weisswein + Malzwürze, welches bläulich schillerte.

Die Haut kletterte stark; sie zerriss ziemlich leicht. Die Flüssigkeit wurde getrübt.

Die kleinen Zellen waren meist zu zweien vereint, seltener einzeln. Kettenbildung war selten, meist nur zu Beginn des Auswachsens der Haut. Schwärmzellen im Jugendstadium gut entwickelt.

Säuerungsmaximum 6,4 pCt. bei 30—32° C.

Fundort: Ein mit Naturwein verschnittener Maltonwein, der die Essiggärung durchgemacht hatte.

Art IV. Feines, fast glattes Häutchen, das sich an den Gefässwandungen emporzog, aber nicht so stark wie bei Art III. Der Wein blieb blank.

Die Zellen waren nur fast halb so gross wie bei Art I. und III. Die Kettenbildung war stark ausgeprägt.

Säuerungsmaximum bei 28–32° C. 8,2 pCt.

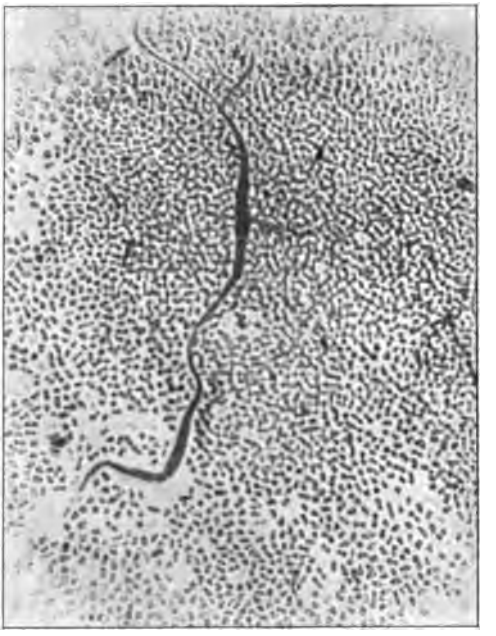


Abb. 103. Bacterium ascendens.
Vergrösserung 1000fach,
(18tägige Bierkultur.)
Präparat von Rothenbach. Gefärbt mit Gentianaviolett ohne jegliches Erwärmen, da hierbei stets ein mehr oder minder starkes Einschrumpfen der Zellen beobachtet wurde. Photographiert von Stockhausen.

Fundort: Eine Weinessigmaische aus Süddeutschland nach dem Anstellen (Impfen).

Art V. Mässig dickes, gerunzeltes Häutchen mit feuchter Oberfläche.

Die Haut erhob sich ein wenig an den Wandungen aus der Kulturflüssigkeit. Der Wein blieb blank.

Säuerungsmaximum bei 28–32° C. 6,2 pCt.

Fundort: Weinessig aus Mitteldeutschland.

Art VI. Mässig dickes, gerunzeltes Häutchen mit trockener Oberfläche; ähnlich wie bei einigen Kahmhefen.

Hinsichtlich des Kletterns verhielt sich die Haut ebenso wie bei der vorigen Art.

Die Haut zerriss ziemlich leicht, wobei die Flüssigkeit getrübt wurde. Es bildete sich ein ziemlich starker Bodensatz.

Die Zellen waren ziemlich gross; Kettenbildung war wenig ausgeprägt.

Säuremaximum bei 28—32° C. 5,6 pCt.

Fundort: Ein trüber Weinessig.

Art VII. Feines Häutchen von schwach schleimiger Beschaffenheit, das sehr leicht zu Boden sank. Von dem Häutchen lösten sich leicht staubförmige Massen ab, die den Essig trübten.

Schwärmzellen wurden nicht beobachtet.

Säuerungsmaximum in mit Hefewasser verdünntem Wein 2,1 pCt., in reinem Wein von 5,2 pCt. Alkoholgehalt 1,4 pCt. Säure.

Fundort: Eine verdorbene Konserve von Aal in Gelee, die mit Weinessig bereitet worden war.

Art VIII. Starkes, dicht zusammenhängendes, gekröseartig gefaltetes Häutchen, das nach einigen Tagen nach unten in die Flüssigkeit hinein ziemlich starke, schleimige Fadenbündel aussendete.

Die Zellen waren ziemlich gross; ähnlich wie bei Bacterium Pasteurianum. Ketten waren schön ausgebildet.

Säuremaximum bei 28—32° C. 4,8 pCt.

Fundort: Weinessig aus Süddeutschland.

Art IX. Stark voluminöses, dickes, aber nicht sehr kompaktes Häutchen mit marmorierter Oberfläche.

Säuremaximum 7,2 pCt. bei 28—32° C.

Fundort: Eine gärende Weinessigkufe einer Berliner Essigfabrik.

Im Anschluss an die Weinessigbakterien soll noch bemerkt werden, dass dieselben meist sehr empfindlich gegen einen Wechsel des Weines sind. Es empfiehlt sich daher im praktischen Betriebe niemals plötzlich von einem Wein zu einem anderen überzugehen, sondern den Wechsel durch allmähliches Verschneiden beider Sorten durchzuführen.

Zwecks guter Entwicklung der Weinessigpilze ist eine hohe Anstelltemperatur erforderlich. Auch nach Beginn der Gärung ist, namentlich in den ersten Tagen, die Gärung bei hoher Temperatur durchzuführen.

Schliesslich ist noch zu erwähnen, dass in einem leichtgetrübten Weissweinessig von 7,4 pCt. Säuregehalt von dem Verfasser eine Bakterie in

Kokkenform aufgefunden wurde.

Die Zellen traten meist zu zweien vereint, aber auch in Tetraden auf.

Drei Wochen nach Einsendung der Probe war die Bakterie noch lebensfähig; sie vertrug also längere Zeit einen verhältnismässig hohen Säuregehalt.

Die Schnellessigpilze.

(Deutsche Essigindustrie 1897 Nr. 30; 1898 Nr. 1, 29–31, 35; 1899 Nr. 30; 1900 Nr. 1; 1901 Nr. 25; 1906 Nr. 8.)

Als Schnellessigbakterien bezeichnet der Verfasser dieses Buches diejenigen Essigpilze, die tatsächlich soviel Säure schnell zu bilden imstande sind, wie in den Schnellessigbildnern der Essigfabriken erzeugt wird.

Entsprechend der Zusammensetzung der Schnellessigmaischen müssen diese Bakterien einen sehr hohen Alkoholgehalt und auch einen verhältnismässig hohen Säuregehalt vertragen können.

Dass in den Schnellessigbildnern, namentlich wenn der Säuregehalt derselben unter normal ist, auch andere Bakterien vorkommen können, welche diese Bedingungen nicht erfüllen, ist selbstverständlich, denn einmal wird den Bildnern zum Teil sauer gewordenes Bier und ebensolcher Wein zugeführt, die stark mit anderen Arten von Essigpilzen infiziert sind, und ferner bietet der Schnellessigbetrieb, namentlich wenn in demselben Gebäude noch Essig nach dem Orléansverfahren oder einer anderen Methode hergestellt wird, Gelegenheit genug, andere Bakterien einzuschleppen; es sei auch auf die gemeinsame Benutzung von Abfüllgefässen, Pumpen und Schläuchen und auf die Essigfliegen hingewiesen.

Dementsprechend sind auch sowohl von Henneberg (Bacterium acetigenum) wie von Beijerinck und dem Verfasser Essigpilze aus Schnellessigbildnern isoliert worden, die der letztere aber nicht als Schnellessigpilze ansehen kann, da das Säuerungsvermögen derselben ein zu geringes und die Bildung der Säure eine zu langsame ist. Diese Pilze können weder den hohen Alkoholgehalt der Essigmaischen noch den Säuregrad derselben vertragen.

Sowohl Henneberg wie Hoyer geben an, dass selbst ein geringer Prozentgehalt der Nährflüssigkeiten an Essigsäure (aus Gärungsessig stammend, der Verfasser) hemmend auf die Essigpilze einwirkt. Diese Erfahrungen kann der Verfasser nur bestätigen.

Bei einem Gehalt von 2,1 pCt. Essigsäure entwickeln sich von den von Henneberg in den Jahren 1897/1898 untersuchten zehn Arten Essigpilzen drei Arten nicht mehr, und bei 3 pCt. Säure nur noch Bacterium acetigenum.

Die Säurebildung der auf Bier und Wein vorkommenden hautbildenden Essigpilze ist selbst bei einem geringen Anfangssäuregehalt der Nährflüssigkeiten eine sehr geringe. Demgegenüber bilden aber die Schnellessigpilze in Flüssigkeiten, die 5—7 pCt. und noch mehr

Essigsäure sowie 6—7 pCt. Alkohol enthalten, mit der grössten Leichtigkeit 10—12 pCt. Säure. Ja, in den C-Bildnern oder in entsprechend hohen Apparaten kommt die Säure sogar bis auf 14—15 pCt., und dieses (bei den C-Bildnern) aus einer Maische, die 12—13 pCt. Säure und 3—5 pCt. Alkohol enthält.

Aber auch Maischen — und zwar ist dieses die Regel — von 10 pCt. Alkohol und 2—4 pCt. Säure vermögen die Schnellessigpilze mit der grössten Leichtigkeit in kurzer Zeit in Essig von 11—12 pCt. Säure umzuwandeln, während die meisten anderen Essigpilze bei einem derartig hohen Alkoholgehalt gänzlich versagen und nur wenige Arten selbst bei sehr guter Ernährung nur schwierig grössere Mengen Säure unter solchen Umständen zu bilden imstande sind.

Was die Ernährung der Schnellessigpilze aber anbelangt, so ist das Nährstoffbedürfnis derselben sowohl qualitativ wie quantitativ ein äusserst geringes. Sie vermögen ihren Stickstoffgehalt sogar aus anorganischen Nährquellen, wie Ammonsalze, zu decken. Der Gehalt einer Schnellessigmaische an Nährsalzen beträgt unter Umständen nur 0,005 pCt. und noch weniger, während die nicht zu den Schnellessigpilzen zu rechnenden Bakterien selbst auf dem nährstoffreichen Wein oder Bier bei einem höheren Alkohol- oder Säuregehalt derselben häufig nur dann erhebliche Mengen Säure bilden, wenn der Flüssigkeit noch besondere Nährstoffe, wie Hefewasser, Pepton usw., zugesetzt werden.

Die Schnellessigbakterien verhalten sich also wesentlich anders als die gewöhnlichen Essigpilze, die auf Wein und Bier Häute bilden.

Der Verfasser betrachtet die Schnellessigpilze als akklimatisierte Organismen, d. h als Lebewesen, die künstlich an Existenzbedingungen gewöhnt worden sind, unter denen sie zuvor nicht gedeihen konnten.

Diese neugeschaffenen Existenzbedingungen sind für die Schnellessigpilze: Ein hoher Alkohol- und Säuregehalt, eine ständig in Bewegung befindliche Kulturflüssigkeit und ein verminderter Nährstoffgehalt.

Während die nach dem Orleansverfahren arbeitenden Essigbakterien Gelegenheit haben, auf der in Ruhe befindlichen Maische eine Haut zu bilden, wird bei den Schnellessigbakterien die Hautbildung durch die von Span zu Span tropfende Flüssigkeit in mehr oder minder starkem Masse gestört.

Die Entwicklung von Zooglöen (Schleimhüllen) wird dementsprechend von den Schnellessigbakterien stark vernachlässigt; nur hin und wieder finden sich, namentlich in Essigbildnern, die niedrigprozentigen Essig produzieren, oder in solchen, die verhältnismässig viel organische Nährstoffe, wie Bier und Wein usw, erhalten, deutliche Zooglöen vor, die aber auch dann nur von sehr zarter Beschaffenheit sind. Man kann diese Zooglöen als kleine Nester von Essigbakterien bezeichnen, die durch äusserst feine Schleimhüllen verbunden sind.

Nicht zu verwechseln mit den feinen Zooglöen der Schnellessigpilze sind die dickeren Schleimmassen des Bacterium xylinum und anderer Essigpilze, die sich namentlich in Bildnern, welche Bier und Wein usw. als Maischezusatz erhalten oder deren Essig niedrigprozentig ist, häufig in grösseren Mengen ansiedeln.

In völlig gesunden Schnellessigapparaten, die hochprozentige Ware von 12—14 pCt. bilden und die mit anorganischen Nährstoffen arbeiten, treten so gut wie gar keine Zooglöenbildungen auf; die Späne eines derartigen Apparates lassen makroskopisch nicht die Ansiedlung von Essigpilzen erkennen. Sie sehen aus, als ob sie nur angefeuchtet worden sind; Schleimbildungen sind auf denselben auch selbst mit dem Mikroskop nicht wahrnehmbar. —

Die Essigpilze in den A-, B- und C-Bildnern bestehen nicht etwa aus verschiedenen Spezies, deren Eigenart durch den Säuregehalt des Essigs bedingt ist, der in den verschiedenen Bildnern produziert wird. Wir haben es vielmehr in den einzelnen Bildnern einer Gruppe mit denselben Spaltpilzen zu tun; nur haben sich dieselben staffelweise an höhere Säuremengen gewöhnt, akklimatisiert.

Indessen treten in ein und demselben Apparate häufig mehrere Arten von Spaltpilzen auf, die sich naturgemäss in den zu einer Gruppe gehörigen Bildnern und meist auch in dem ganzen Betriebe wiederfinden.

Der Verfasser hatte Gelegenheit, insgesamt etwa 470 Standen in den verschiedensten Teilen Deutschlands mikroskopisch mit Hilfe von Hohlkammer-Tröpfchenpräparaten zu untersuchen. Das Resultat war, dass in den Essigbildnern verschiedene, morphologisch deutlich unterscheidbare Arten von Spaltpilzen vorkommen. Einige davon hatten in ihrer Grösse und Gestalt Ähnlichkeit mit dem Hansenschen Bacterium aceti. Es wurden aber auch in denselben Bildnern kürzere und auch längere Stäbchen konstatiert von verschiedenem, sehr wechselndem Querschnitt und Form.

Die eigentlichen Schnellessigpilze treten in einzelnen Zellen bisweilen auch zu zweien vereint auf; vgl. besonders Deutsche Essigindustrie 1898 Nr. 29 ffg. und Nr. 1.

Auch physiologische Unterschiede sind vorhanden. Dafür spricht unter anderem schon die Tatsache, dass öfter in korrespondierenden Bildnern verschiedener Betriebe dieselbe Säuremenge bei wesentlich verschiedenen Temperaturgraden unter sonst gleichen Bedingungen erzeugt wird, ohne dass die Bildner der einen Fabrik schlecht arbeiten.

Auch die Ausbeuteverhältnisse sind bei der Verarbeitung derselben Maische unter den gleichen Verhältnissen sehr verschieden. Diese Erfahrung wurde nicht nur bei zahlreichen Betriebsrevisionen gemacht; vor allen Dingen liefert auch die Einsäuerung der Versuchsessigfabrik den Beweis hierfür.

Einige Apparate der Versuchsessigfabrik wurden nämlich mit einem Essig von $8^1/_2$ pCt. Säuregehalt und die anderen mit einem solchen von 10 pCt., aus einer anderen Fabrik stammend, eingesäuert. Sonst wurden aber die Apparate, die genau so eingerichtet waren wie die anderen, mit derselben Maische unter den gleichen Bedingungen bedient.

Etwa vier Monate nach Beginn der Einsäuerung lieferten die Bildner, welche den höherprozentigen Einsäuerungsessig erhalten hatten, 2 pCt. Säure mehr als die anderen, wobei der Alkohol in beiden Fällen verarbeitet wurde.

Selbst ein Jahr nach dem Einsäuern war noch eine Differenz von etwa $^1/_2$ pCt. in der Säurebildung vorhanden.

Es war zu dieser Zeit jedenfalls schon eine erhebliche Vermischung beider Bakterienarten eingetreten oder es hatte eine Akklimatisierung der schlechter arbeitenden Art stattgefunden; vielleicht war auch beides eingetreten.

Dass Essigbakterien zu einer höheren Säureproduktion erzogen — akklimatisiert — werden können, ergibt sich aus folgenden Tatsachen:

1. Art I der vom Verfasser isolierten Weinessigbakterien erzeugte im Fabrikbetriebe einen Essig von $6-7^1/_4$ pCt. Säure. Die mit der Reinzucht im Laboratorium angestellten Versuche ergaben zunächst auch nur eine Säureproduktion von $7-7^1/_2$ pCt. Nach etwa einem Monat war das Säuerungsvermögen auf 8,4 pCt. gesteigert

   Art II der vom Verfasser isolierten Weinessigbakterien erzeugte in der Fabrik einen Essig, dessen Säuregehalt zwischen 8 und $8^1/_2$ pCt. schwankte. Nach dem Isolieren versäuerte die Bakterie zunächst eine Weinmaische von 5,9 pCt. Alkohol und 3,6 pCt. Säure zu einem Essig von 8,5 pCt. Säure. Nach und nach wurde innerhalb von zwei Monaten die Säuerungsfähigkeit auf 11,2 pCt. gesteigert.
2. Bacterium ascendens, ein guter Säurebildner, der aber durch längeres Fortzüchten auf Gelatine sein Säuerungsvermögen etwas verloren hatte und auf Wein- und Biermaischen nur noch 5—6 pCt. Säure bildete, wurde vom Verfasser in einem ausgedämpften Essigbildner zu einer Schnellessigbakterie akklimatisiert, die $11^1/_2$ pCt. Säure bildete. Zur Versäuerung kam schliesslich eine Maische, die, abgesehen von Alkohol, Essigsäure und Wasser, nur Nährsalze und Stärkesirup enthielt, aber keinen Wein oder Bier. Die Bakterie wurde in dem Bildner deutlich als Bacterium ascendens nachgewiesen.

   Auf ruhenden Flüssigkeiten gelang es die Bakterie auch zur Bildung von mehr Säure zu erziehen; indessen wurden in diesem Falle als Maximum nur 10,2 pCt. erreicht.

3. Die Essigpilze der Versuchsessigfabrik, welche bei Beginn der Einsäuerung nur $8^1/_2$ pCt. bzw. 10 pCt. Säure (cfr. S. 197) bildeten, wurden vom Verfasser auf eine Säureproduktion von 15 pCt. gebracht.

Nicht alle Essigbakterien können allerdings zu Schnellessigpilzen, welche höchstprozentigen Essig machen sollen, akklimatisiert werden.

Hauptsächlich eignen sich wohl hierzu diejenigen Bakterien, welche an sich schon auf ruhenden Flüssigkeiten viel Säure bilden und die in bezug auf Ernährung wenig anspruchsvoll sind; also diejenigen Essigpilze, welche anorganischen Stickstoff als Nährquelle benutzen können.

Übrigens beweist auch schon die Entstehung und Entwicklung des Schnellessigverfahrens, dass die Schnellessigpilze akklimatisierte, d. h. künstlich an neue Existenzbedingungen gewöhnte Organismen sind.

Als Anfang des vorigen Jahrhunderts durch Schüzenbach die Schnellessigfabrikation eingeführt wurde, kannte man in Deutschland nur Essige von 4—7 pCt. Säurehydrat; denn der Alkoholgehalt der deutschen Weine schwankt zwischen 6 und $8^1/_2$ pCt.

Auch jetzt noch variiert der durchschnittliche Säuregehalt unserer Weinessige zwischen 5—7 pCt.; es hält schon ziemlich schwer, Weinessig von einem noch höheren Säuregehalt als 8—$8^1/_2$ pCt. zu produzieren.

Wenn man dagegen bedenkt, dass auf den Schnellessigbildnern mit Leichtigkeit Essige von 10—12 pCt. erzeugt werden und dass selbst 14prozentige Schnellessige nicht zu den Seltenheiten gehören, so kann wohl nicht geleugnet werden, dass die Schnellessigpilze, die doch aus den Wein- und Bieressigbakterien des alten Verfahrens entstanden sind, zu diesem hohen Säuerungsvermögen erst durch längere Kultur erzogen werden mussten.

Alle Arten von Essigbakterien, die sich von selbst auf alkoholischen Flüssigkeiten angesiedelt haben, die also aus der Natur eingefangen wurden, sind schwache Säurebildner. Sogar die aus Essigfabriken stammenden und in Reinkulturen näher untersuchten Essigpilze bilden im Vergleich zu den vom Verfasser als Schnellessigbakterien angesprochenen Essigpilzen nur verhältnismässig wenig Säure. Selbst unter den günstigsten Kulturbedingungen ist das Säuerungsmaximum nur bei wenigen ziemlich hoch, wobei noch zu bedenken ist, dass die höchste festgestellte Säuremenge schon unter Bedingungen entstanden ist, die als kurze Akklimatisierung angesehen werden müssen, dieses gilt wenigstens fraglos von den von dem Verfasser dieses Buches untersuchten Essigbakterien. —

Die eigentlichen Schnellessigpilze, also diejenigen aus Bildnern mit höchstem Säuregehalt, kommen, wie bereits erwähnt wurde, im Ablaufessig der Schnellessigbildner meist zu zweien vereint, seltener als ein-

zelne Zellen vor; bisweilen treten aber auch kleine, durch äusserst feine Schleimmassen verbundene Kolonien von Stäbchen auf. Diese Nester von Bakterien sind wohl als ein Übergang zu den hautbildenden Bakterien bzw. als nicht völlig akklimatisierte Formen anzusehen.

Nach Henneberg (Deutsche Essigindustrie 1905, Nr. 21) entwickeln die Schnellessigpilze auf Flüssigkeiten Häute.

Auch von dem Verfasser wurden wiederholt Essigbakterien aus Schnellessigbildnern isoliert, die auf niedrigprozentigen Schnellessigmaischen sehr dünne, zarte Häutchen bildeten (u. A. Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 29—31, 35). Wegen des nur geringen Säuerungsvermögens dieser Pilze, welches zwischen $4^1/_2$ und $6^1/_2$ pCt. schwankte, kann der Verfasser diese Arten (hierzu gehört auch das von Henneberg als Schnellessigbakterie angesprochene Bacterium acetigenum) aber nicht als Schnellessigpilze ansehen. Dass diese aber auch mehr oder minder stark akklimatisierungsfähig sind, braucht nach dem vorher Gesagten wohl nicht weiter erörtert werden.

In hochprozentigen Schnellessigmaischen (11—12 pCt. Alkohol + Säure), die mit etwas frischem Schnellessig versetzt worden waren, erhielt der Verfasser (Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 29—31) keine eigentliche Deckenbildung, dagegen starke Vegetationen von Essigpilzen innerhalb der Flüssigkeit in Form von Schleimfäden und Flockenbildungen. Diese Versuche wurden insofern bestätigt, als auf einer Maische von 9,9 pCt. Alkohol und 2,0 pCt. Säure, die mit frischem Essigsprit aus verschiedenen Bildnern geimpft worden war, bei einer Temperatur von 29—30° C. selbst nach Monaten keine Hautbildungen eintraten. (Deutsche Essigindustrie 1906, Nr. 8.)

Dahingegen erhielt wieder der Verfasser in Schnellessigmaischen von mittlerem Alkohol- (5—6) und geringem Säuregehalt (1—2), denen als Nährstoff sogar keine organischen Pflanzenextrakte (Wein, Bier usw.), sondern lediglich Nährsalze und Stärkesirup zugesetzt worden waren, bei der Impfung mit Schnellessig deutliche, aber sehr zarte Bakterienhäute.

Alle diejenigen Hautbildungen, welche bei der Impfung von Essigmaischen mit Essigsprit entstehen, rühren nach Ansicht des Verfassers entweder überhaupt nicht von Schnellessigpilzen her oder es handelt sich um Rückbildungen, d. h. um die Wiedergewöhnung der in den Schnellessigbildnern akklimatisierten Bakterien an ihre ursprünglichen Existenzbedingungen. Hierzu gebraucht der Essigpilz naturgemäss Zeit; es erklärt sich so auch der Umstand, dass die Entwicklung von Häuten bei den Hennebergschen Schnellessigpilzen erst nach sehr langer Zeit (Monate) vor sich ging und dass die Bildung von Häuten sowohl durch die Herabsetzung des Alkohol- und Säuregehaltes, wie auch durch die Zufuhr von organischen Nährstoffen (treberhaltige Maischen) begünstigt wird. Die Treber dienen den Bakterien ausserdem als willkommene Ansiedelungsstätte.

Ist die Rückgewöhnung einmal erfolgt, so geht auch die Hautbildung bei dem Überimpfen auf frische Essigmaische schneller vor sich.

Dass eine Rückbildung von in Schnellessigbildnern nicht Häute bildenden Essigbakterien in solche mit Häuten möglich ist, zeigt ausserdem auch die Tatsache, dass häufig Weinessigmaischen nicht mit Weinessig, sondern mit Schnellessig (Essigsprit) angestellt werden. Nach kürzerer oder längerer Zeit bilden sich auf der Weinmaische schöne Häute von Essigbakterien, welche den Wein glatt versäuern.

Der Umstand, dass die Hautbildung in diesem Falle erheblich schneller — zuweilen schon nach einigen Tagen — zustande kommt, als auf Schnellessigmaischen (verdünnte), ist im Hinblick auf den hohen

Abb. 104.
Haut von Bacterium Pasteurianum.
14 Tage alt; gewachsen auf Bier.

Abb. 105.
Haut von Bacterium acetigenum.
14 Tage alt; gewachsen auf Bier.

Nach Präparaten von Rothenbach, photographiert von Lindner und Stockhausen.

Gehalt der Weinmaische an besonders geeigneten Nährstoffen nicht weiter merkwürdig. Die Essigpilze erlangen, wenn sie besser ernährt werden, schneller das Vermögen Häute zu bilden wieder, als wenn sie auf nährstoffarmen, nur anorganische Nährsalze enthaltenden Maischen wachsen sollen.

Im Einklang hiermit steht auch die Beobachtung des Verfassers, dass bei einem Übergang von organischen Nährstoffen (Wein, Bier usw.) zu anorganischen (Nährsalze) im Schnellessigbetriebe, die Zooglöenbildung (Nester), sofern von einer solchen überhaupt die Rede sein kann, noch weiter zurückgeht.

Ist die Akklimatisierung vollständig durchgeführt, was in solchen Schnellessigbildnern der Fall ist, die mit hochprozentigen Maischen bedient werden, welche keine organischen Nährstoffe, sondern nur Nährsalze enthalten und welche einen Essig von 14 bis 15 pCt. Säuregehalt

liefern, so tritt im allgemeinen eine Zooglöenbildung nicht mehr ein; die Essigpilze kommen vielmehr als Einzelindividuen oder zu zweien vereinigt vor. —

Die Abbildungen Nr. 104 und 105 zeigen die auf Bier gewachsenen Häute von zwei Essigbakterien nach Präparaten des Verfassers. Es ist Bacterium Pasteurianum und Bacterium acetigenum. Das Alter der Häute beträgt 14 Tage. Die Photographie der Häute wurde von Lindner und Stockhausen mit Hilfe des Silberspiegels ausgeführt.

Zum Vergleich mit den Essigpilzhäuten zeigen uns die Abbildungen 106, 107 und 108 die Häute verschiedener Kahmhefen. Nr. 107 und 108 haben viel Ähnlichkeit mit den durch Essigpilze entstandenen Hautbildungen. Nr. 106 zeigt dagegen deutliche Unterschiede gegenüber den Essigpilzhäuten.

Abb. 106.
Kahmhaut.

Abb. 107.
Haut von Saccharomyces anomalus von Grünmalz.

Abb. 108.
Entstehung der Haut von Saccharomyces anomalus aus Eibischsaft.

Präparate und Photographien von Lindner.

Fuhrmann beschreibt als Acetobacter plicatum im Beiheft zum Botanischen Centralblatt Bd. XIX, Abt. I, 1905, Heft 1 (siehe auch Centralblatt für Bakteriologie 1905, Abt. II. Bd. XV, Nr. 12, S. 377ff. und Deutsche Essigindustrie 1905, Nr. 48) eine Essigbakterie, die auf Wein mit 3,5 pCt. Alkohol eine weissgraue, sehr zähe, oft 8—10 *mm* dicke Haut bildet, wobei der Wein völlig klar bleibt.

Mit Jod oder Jod und Schwefelsäure wird die Haut nicht gefärbt.

Der Hautentwicklung auf der Oberfläche von Wein usw. geht zunächst die Bildung eines schleimigen Netzwerkes innerhalb der Flüssigkeit vorauf, dessen Ausläufer bei der Erreichung der Oberfläche Inseln bilden, aus denen durch Verschmelzung später die Haut entsteht.

Schwärmzellen treten nicht auf.

Bei 40° C. entwickelt die Bakterie manchmal längere Zellfäden, beispielsweise solche von 50 μ, dagegen fehlen hypertrophische Formen.

Die auf Agar bei 28—30° C. gewachsenen Bakterienzellen sind

meist zu zweien vereint und von gedrungener Gestalt. Sie besitzen eine Länge von 0,7—0,9 μ und eine Breite von 0,5—0,7 μ.

Temperaturoptimum: 28—30° C.

In Wein, welcher 11 Gewichtsprozent Alkohol enthält und in Bier von 9,5 pCt. Alkoholgehalt wächst die Bakterie nur bei einer Temperatur zwischen 22 und 25° C. Bei alkoholarmen Nährflüssigkeiten liegt dagegen das Wachstumsoptimum bei höheren Temperaturgraden.

Rohrzucker und Traubenzucker sind von günstigem Einfluss auf die Hautbildung bei Benutzung von alkoholfreiem Bier als Nährflüssigkeit, dagegen von ungünstigem bei der Anwendung von alkoholhaltigem Bier.

Gefunden wurde die Bakterie in einem Weine. Die Trauben am Weinstocke waren indessen frei von dieser Essigpilzart.

Beiträge zur Kenntnis der Essigbakterien lieferten ferner noch: Baginski, de Bary, Boutroux, Cohn, Duclaux, Giunti, Hirschfeld, Holm, Knieriem, A. Mayer, Mulder, Persoon, Peters, Schützenberger, Steinmetz, Thomson, Tolomei, Turpin, Wurm.

Systematik der Essigbakterien.

Wie schwierig es ist, die Essigbakterien zu bestimmten, deutlich gekennzeichneten Gruppen zu ordnen, zeigen mehrere Vorschläge, die nach dieser Richtung gemacht worden sind.

Der erste, der ein System der Essigbakterien aufstellte, war E. Chr. Hansen (Res. du Meddel fra Carlst. Lab. I, 1876, pag. 95 und 1894, pag. 182 — übersetzt in der Wochenschrift für Brauerei, XI. Jahrgang, Nr. 41).

Hansen unterschied folgende Arten von Essigpilzen:

A. Arten mit leicht trennbaren Häutchen, bei denen die Gallertbildung nur mit Hilfe einer besonderen Vorbereitung beobachtet werden kann.

B. Arten mit Häutchen, deren Gallertbildung knorpelig und zähe wird.

Zu dieser Gruppe gehört das Brownsche Bacterium xylinum.

Die Gruppe A zerfällt ihrerseits wieder in zwei Unterabteilungen:

1. Die Gallerte wird weder durch Jod noch durch Jodjodkaliumlösung gefärbt.
   Bacterium aceti (Ulvina aceti Kützing). Mycoderma aceti Thomson und Pasteur. Bacterium aceti Zopf.
2. Die Gallerte wird von Jodjodkaliumlösung blau gefärbt.

a) Bacterium Pasteurianum (Mycoderma Pasteurianum) E. Chr. Hansen. Bacterium Pasteurianum Zopf.
b) Bacterium Kützingianum E. Chr. Hansen.

Beijerinck (Centralbl. f. Bakt., Abt. II, 1898, Nr. 6) unterscheidet vier Arten von Essigbakterien, nämlich:

1. Bacterium aceti Pasteur, die Schnellessigbakterien,

lebend an der Oberfläche der Späne in den Schnellessigbildnern.

Zu dieser Art, aber immerhin auch abweichend davon, rechnet Beijerinck auch das Zeidlersche Termobacterium aceti.

Das Hansensche und Brownsche Bacterium aceti gehören dagegen zur nächsten Gruppe.

2. Bacterium rancens n. s., die Bieressigbakterien,

wozu sowohl die Kulturformen als auch zahlreiche Varietäten zu zählen sind.

Zu dieser Gruppe gehören Bacterium aceti Brown und Hansen, Bacterium oxydans und Bacterium acetosum Henneberg.

3. Bacterium Pasteurianum.

Es sind dieses diejenigen Bieressigbakterien, welche mit Jodjodwasserstoff sich blau färben.

Zu dieser Gruppe gehören Bacterium Pasteurianum Hansen, Bacterium Kützingianum und mehrere andere sich mit Jod blau färbende Varietäten, welche aus Grabenwasser, aus obergärigen und aus untergärigen Bieren isoliert wurden und die sich erheblich mehr von der Hauptform unterscheiden, wie Bacterium Kützingianum.

4. Bacterium xylinum.

Die Bakterien, welche vorzugsweise den Verbrauch an Essigsäure im Essig bewirken. Sie bilden zähe, sogar knorpelartige Häute auf zuckerhaltigen Nährflüssigkeiten.

Hierzu ist auch Leuconostoc Lagerheimii Ludwig zu rechnen, aus Schleimflüssen von Bäumen stammend. —

Zu Gruppe 3 bemerkt Beijerinck, dass Bacterium Pasteurianum kaum mehr als eine Varietät von Bacterium rancens ist, was unter anderem daraus hervorgeht, dass aus Impfstrichen von Bacterium Pasteurianum auf Biergelatine sich nicht selten „Ausläufer“ bilden, welche die Fähigkeit, sich mit Jodjodwasserstoff blau zu färben, erblich verloren haben und die sich in jeder Hinsicht wie Bacterium rancens verhalten.

Lediglich die besonders charakteristische Eigenschaft von Bacterium Pasteurianum, sich durch einen Jodzusatz blau zu färben und die Tatsache, dass es sich in diesem Falle um eine allgemein anerkannte Art handelt,

haben Beijerinck veranlasst, auch hier den Artcharakter beizubehalten, obgleich manche, zweifellos als Varietäten von Bacterium rancens anzusprechende Essigpilze untereinander grössere Unterschiede zeigen wie die Merkmale, welche Hansen veranlassten, Bacterium Pasteurianum als Art zu bezeichnen.

Die Gruppen 2 und 3 Beijerincks umfassen also die Bieressigbakterien.

Beim Bestimmen der vorstehend genannten Arten hat Beijerinck, wie er angibt, alle Kennzeichen in Betracht gezogen, die ihm bisher bei den Essigbakterien vorgekommen sind. Diese Merkmale sind äusserst verschieden.

Auf die Beweglichkeit und die Gestalt der Essigpilze legt Beijerinck kein Gewicht, da dieselben nach seinen Erfahrungen so stark veränderlich sind und so sehr von Kulturumständen abhängen, dass er dieselben weder für die Charakteristik der Varietäten, noch der Arten glaubt verwerten zu können.

Als Hauptunterscheidungsmerkmal bezeichnet er dagegen das Vermögen oder die Unfähigkeit der Essigbakterien auf der Oberfläche bestimmter Nährflüssigkeiten Häute zu bilden.

Als weiteres Unterscheidungskennzeichen gibt er das Verhalten der Essigpilze verschiedenen Zuckerarten und besonders dem Rohrzucker gegenüber an. Die Essigbakterien verhalten sich nämlich erstens sehr verschieden hinsichtlich ihres Vermögens, aus Zucker Glukonsäure zu bilden, zweitens zeigen sie auch erhebliche, leicht wahrnehmbare Abweichungen im Wachstum bei Zusatz von Zucker zu den Kulturmedien. Auf Biergelatine, die einen Zusatz von etwa 10 pCt. Rohrzucker erhalten hat, wachsen nach Beijerinck die Schnellessigpilze (Bacterium aceti Pasteur) zu stark voluminösen, halbflüssigen, schleimigen Kolonien an.

Im Gegensatz hierzu sind die einzelnen Varietäten von Bacterium rancens (welche Rohrzucker nicht invertieren) in ihren Vegetationserscheinungen dem Rohrzucker gegenüber entweder ganz indifferent, oder sie werden durch einen Zusatz desselben sogar in ihrer Schleimentwicklung gehindert.

Die Varietäten von Bacterium Pasteurianum zeigen dasselbe Verhalten wie Bacterium rancens, abgesehen von auch nur untergetaucht lebenden (d. h. keine Häutchen bildenden) Arten, deren Entwicklung zwar wenig, aber doch immerhin deutlich durch Rohrzucker gefördert wird. Beijerinck nennt diesen Pilz Bacterium Pasteurianum var. colorium.

Um das Verhalten von Bacterium aceti Pasteur einerseits und Bacterium rancens andererseits dem Rohrzucker gegenüber zur Unterscheidung beider Arten benutzen zu können, ist es nötig, die untersuchten Formen als Strichkulturen zu züchten, und zwar sowohl auf reiner Biergelatine, wie auf Bier-Rohrzuckergelatine.

Höchst sonderbar ist bei der Zuckernahrung der Unterschied in der Leichtigkeit, womit die verschiedenen Arten Schleim oder Cellulose aus dem zur Verfügung stehenden Zucker zu bilden vermögen. Vorzugsweise Glukose und Rohrzucker sind in Verbindung mit Pepton oder Aspagarin (als Stickstoffquelle) imstande, eine Entwicklung von sehr voluminösen Kulturen zu veranlassen.

Ein weiteres, und zwar sehr gutes Unterscheidungsmerkmal zwischen Bacterium aceti Pasteur und Bacterium rancens bietet die Fähigkeit bzw. das Unvermögen dieser Arten dar, auf einer Nährflüssigkeit von der folgenden Zusammensetzung Häute zu bilden.

Die Nährflüssigkeit besteht aus:

100,00 Teilen Leitungswasser,
3,00 „ Alkohol,
0,05 „ phosphorsaures Ammoniak,
0,01 „ Kaliumchlorid.

Der beim Bereiten der Nährflüssigkeit auftretende Niederschlag von Calciumphosphat (wenn das Leitungswasser kalkhaltig ist) wird durch Zusatz von einigen Tropfen Essigsäure oder Phosphorsäure gelöst.

Destilliertes Wasser kann nur dann an Stelle des Leitungswassers benutzt werden, wenn gleichzeitig die Nährflüssigkeit eine geeignete Kohlenstoffquelle, am besten etwas Essigsäure, enthält.

Alkohol dagegen kann das Kohlenstoffbedürfnis der Essigbakterien nicht befriedigen, wohl aber Glukose, Essigsäure und essigsaure Salze.

In der vorstehenden Nährflüssigkeit wächst Bacterium aceti Pasteur ausgezeichnet; es entwickelt darauf kräftige, zusammenhängende Essighäute und verwandelt den Alkohol leicht in Essigsäure.

Bacterium rancens kommt hingegen in diesem Nährmedium garnicht zur Entwicklung.

Ebenso verhalten sich Bacterium Pasteurianum und Bacterium xylinum.

Hieraus schliesst Beijerinck, dass die Essigbakterien, mit denen Pasteur seine Versuche bezüglich der Stickstoffnahrung anstellte, keine anderen als Schnellessigbakterien gewesen sind, denn Pasteurs Flüssigkeit war von derselben Zusammensetzung wie diejenige, welche Beijerinck benutzte.

Einteilung nach Henneberg, auf dem natürlichen Vorkommen beruhend. (Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 14, und die späteren Veröffentlichungen Hennebergs.)

I. Schnellessigbakterien.

Hierzu rechnet Henneberg[1]):

Bacterium acetigenum,

1) Deutsche Essigindustrie 1898, S. 179

II. Bierbakterien.

Termobacterium aceti Zeidler,
Bacterium aceti,
„ Pasteurianum,
„ Kützingianum,
„ acetosum.

III. Maische- oder Würzebakterien.

Bacterium oxydans,
„ industrium.

IV. Weinbakterien.

Bacterium xylinum (findet sich auch gleich häufig im Bier),
„ ascendens.

Hoyers Systematik stimmt im allgemeinen mit der Beijerinckschen Gruppierung überein, nur fasst der erstere die Gruppe der Bieressigbakterien zusammen.

Das Termobacterium aceti Zeidler rechnet er zu den Bieressigbakterien, speziell zur Gruppe rancens.

Bacterium acetigenum Henneberg, desgleichen Bacterium ascendens Henneberg zählt er der Gruppe Bacterium aceti Pasteur, also seinen Schnellessigpilzen, zu. (Deutsche Essigindustrie 1899, Nr. 1.)

Die Hoyersche Systematik ist folgende:

I. Bieressigbakterien.

A. Bacterium rancens Beijerinck.

Bacterium aceti Hansen,
„ aceti Brown,
„ acetosum Henneberg,
„ oxydans Henneberg,
„ industrium Henneberg,
Termobacterium aceti Zeidler.

B. Bacterium Pasteurianum Hansen.

Bacterium Pasteurianum Hansen,
„ Kützingianum Hansen,

II. Bacterium aceti Pasteur (Schnellessigbakterien).

Bacterium aceti Pasteur,
„ acetigenum Henneberg,
„ ascendens Henneberg.

III. Bacterium xylinum Brown.

Bacterium xylinum Brown,
„ xylinum Bertrand,
Leuconostoc Lagerheimii Ludwig.

Nach praktischen Gesichtspunkten ordnet die folgende Systematik des Verfassers (Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 35) die Essigbakterien.

I. Die Schnellessigbakterien.

Hierhin gehören solche Essigpilze, die in den Schützenbachschen Essigbildnern schnell hochprozentigen Essig machen und deren Fähigkeit, Zooglöen zu bilden, sehr beeinträchtigt oder gänzlich aufgehoben ist.

II. Übergangsglieder von den hautbildenden Essigpilzen zu den Schnellessigbakterien.

Hierzu sind zu rechnen die noch nicht völlig an hohe Alkohol- bzw. Säuremengen gewöhnten Formen, ferner zum Teil diejenigen Essigpilze, welche selbst bei Abwesenheit von Zucker ihren Stickstoffgehalt aus Ammoniak zu decken imstande sind, wie die Pasteurschen Bakterien, das Beijerincksche Bacterium aceti Pasteur, Bacterium acetigenum Henneberg, die vom Verfasser wiederholt beobachteten Arten, welche Ammoniak allein als Stickstoffquelle benutzen können und die dünne, schleierartige Häutchen auf an Nährstoffen armen Essigmaischen bilden.

III. Die eigentlichen industriellen Wein-, Malz-, Bier- und Obstessigbakterien

Das sind solche Essigpilze, die ziemlich hochprozentige alkoholische Flüssigkeiten unter Bildung einer deutlichen Decke in Essig überführen. Hierhin gehört in einer Beziehung Bacterium ascendens; dasselbe ist aber auch andererseits zu den Krankheitsbakterien, wegen der durch dasselbe verursachten Trübungen zu zählen. Ferner ist in dieser Gruppe zu nennen Bacterium rancens var. zythi.

IV. Nicht industrielle Bier- bzw. Fruchtessigbakterien.

Bacterium aceti Hansen, Bacterium Pasteurianum, Bacterium Kützingianum, Bacterium rancens, Bacterium acetosum (Bacterium oxydans).

V. Nicht industrielle Würze- bzw. Maischebakterien.

Hierzu sind zu rechnen diejenigen Essigpilze, welche sämtliche Zucker zu den entsprechenden Säuren zu oxydieren vermögen, wie Bacterium industrium, Bacterium oxydans. Auch die in den Brennereien als Infektion auftretenden Essigbakterien gehören jedenfalls ganz oder teilweise zu dieser Gruppe.

VI. Krankheitsbakterien.

1. Solche, die dicke, lederartige Häute bilden und leicht den Essig zu Kohlensäure verbrennen, wie die Varietäten von Bacterium xylinum.

2. Solche, welche Trübungen hervorrufen können: a) die Schwärmbakterien: Bacterium oxydans, Termobacterium aceti Zeidler (weniger Bacterium industrium); b) nicht schwärmende, wie Bacterium ascendens (Bacterium Kützingianum).

Um den neueren Untersuchungen und Ansichten Rechnung zu tragen, ist die vorstehende Systematik folgendermassen abzuändern.

Zusammenstellung der Essigbakterien lediglich nach praktischen Gesichtspunkten.

I. Schnellessigbakterien.

Essigpilze, welche in den Schnellessigbildnern hochprozentigen Essig bilden und deren Fähigkeit, Zooglöen zu bilden, sehr beeinträchtigt oder gänzlich aufgehoben ist.

II. Technische Weinessigbakterien.

Solche Bakterien, die eigentliche Weinmaischen ohne Trübungserscheinungen oder sonstige Störungen in Weinessig umwandeln. Hierher gehören die Seifertschen Arten, vgl. S. 185 ffg., mehrere vom Verfasser gefundene Arten, vgl. S. 191 ffg., und die Hennebergschen Weinessigbakterien, vgl. S. 137—140 oben und S. 157 ffg.

Die Weinessigbakterien können teilweise in Schnellessigpilze übergeführt werden und umgekehrt. Diese Eigenschaften besitzen aber auch noch andere Essigbakterien.

Weder Bacterium ascendens noch Bacterium xylinum rechnet der Verfasser zu den Weinessigbakterien. Sie versäuern wohl Weinmaischen, wie es übrigens auch zahlreiche andere Arten tun, und kommen in denselben vor bzw. sind, was Bacterium ascendens anbetrifft, bisher einmal im Weinessig gefunden worden; sie sind aber deshalb doch nicht zu den Weinessigpilzen zu rechnen. Hierunter versteht der Verfasser nur die Kulturformen von in Weinmaischen gedeihenden Essigpilzen, welche einen brauchbaren Essig liefern. Bacterium ascendens sowohl wie Bacterium xylinum erzeugen aber Krankheiten des Weinessigs.

III. Technische Bieressigbakterien.

Sie wandeln Bier ohne Trübungen und sonstige Krankheitserscheinungen in Bieressig um. Es gehören hierhin die Kulturformen der Rancensgruppe, z. B. Bacterium rancens var. zythi; ferner Bacterium Pasteurianum. Siehe auch S. 190, die vom Verfasser isolierten Arten.

Auch die Bieressigbakterien verhalten sich, wenigstens zum Teil, wie Beispiele aus der Praxis beweisen, in bezug auf ihre Umwandlungsfähigkeit zu Schnellessigpilzen analog den Weinessigbakterien; vgl. auch

u. a. Hansen, Compt. rend. des travaux du laboratoire de Carlsberg 1900, T. V, L. 1 und Deutsche Essigindustrie 1901, Nr. 10.

IV. Maische- und Würzebakterien.

Die in Brennereimaischen und auf Würzen vorkommenden Essigbakterien; z. B. Bacterium industrium, Bacterium oxydans.

V. Hautbildende Essigbakterien, die Ammoniak allein als Stickstoffquelle benutzen können.

Die also in künstlichen Nährlösungen verhältnismässig gut gedeihen. Sie besitzen aber kein hohes Säuerungsvermögen und sind daher und aus anderen Gründen — näheres siehe weiter vorn — nicht zu den Schnellessigpilzen zu zählen, wenn auch ihr Hautbildungsvermögen durch Gewöhnung an die in den Schnellessigbildnern herrschenden Bedingungen aufgehoben werden sollte. Hierhin sind zu zählen: Bacterium acetigenum, Bacterium aceti Pasteur (Beijerinck), Bacterium aceti var. agile, und die vom Verfasser in Schnellessigbildnern wiederholt beobachteten Arten von Essigpilzen (siehe u. a. Deutsche Essigindustrie 1898, Nr. 29—31). Diese Bakterien kommen hauptsächlich in Schnellessigbildnern vor.

VI. Krankheitsessigbakterien.

Hierzu sind alle nicht technisch verwertbaren Bakterien zu rechnen, die sonst unter den Wein-, Bier- und Schnellessigbakterien aufgeführt werden könnten. Sie trüben entweder die Maischen bzw. den Essig oder zeichnen sich durch andere unangenehme Eigenschaften (z. B. Bacterium xylinum) aus. So ist beispielsweise Bacterium ascendens eine aus Weinessig stammende und auch Weinmaischen schnell verarbeitende Essigbakterie. Wegen der durch sie verursachten Trübungen kann sie indessen nicht zu den technischen Weinessigpilzen gerechnet werden. Bacterium xylinum findet sich sowohl im Wein- wie im Bier- und im Schnellessig. Sie ist aber wegen ihrer massenhaften Bildung starker, dichter Schleimmassen in technischer Beziehung nicht als Wein- oder Bieressigpilz, sondern als Krankheitsbakterie anzusehen. Ferner sind hierher zu zählen: Termobacterium aceti, Bacterium Kützingianum und die anderen Trübungen verursachenden Essigpilze.

Eine auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Systematik der Essigbakterien dürfte an den zahlreichen, schon jetzt bekannten Übergangsformen und an der Wandelbarkeit der Eigenschaften der Essigpilze unter verschiedenen Kulturbedingungen scheitern.

Die einzige Möglichkeit die dem Verfasser zurzeit gegeben erscheint, um die Essigbakterien nach rein wissenschaftlichen Grundsätzen ein-

teilen zu können, leitet sich aus dem Oxydationsvermögen der einzelnen Essigpilzarten den Alkoholen, Zuckern und ähnlichen Körpern gegenüber her. Auch das Verhalten der Essigbakterien gegen verschiedene Stickstoffquellen ist vielleicht geeignet, einwandfreie wissenschaftliche Abgrenzungen aufzustellen.

Schon Brown hatte die Einwirkung der Essigbakterien auf verschiedene Zuckerarten und Alkohole zum Gegenstande eingehender Untersuchungen gemacht.

Von Seifert wurden die interessanten Versuche Browns wiederholt bzw. vervollständigt.

Beijerinck und Hoyer haben sich gleichfalls, und zwar eingehend, mit dieser Frage beschäftigt.

Diese Forscher haben auch die von Pasteur gefundene Tatsache, dass gewisse Essigbakterien ihren Stickstoffbedarf aus anorganischen Salzen zu decken vermögen, weiter verfolgt und eine entsprechende Systematik der Essigpilze aufgestellt.

Auch Henneberg hat das Verhalten der Essigpilze den Zuckerarten und Stickstoffquellen gegenüber ausführlich behandelt (Deutsche Essigindustrie 1898, S. 145 ff.). Er hat eine Tabelle aufgestellt, aus der sich die Einwirkung der einzelnen von ihm damals untersuchten Essigbakterien auf Zuckerarten und verschiedene andere Körper ergibt.

Allerdings führt Henneberg in seiner Tabelle nur an, ob eine Säurebildung in der Zucker- usw. lösung stattgefunden hat. Ob die Essigpilze aber auf den Zucker oder die anderen Stoffe in denjenigen Fällen, in denen keine Versäuerung beobachtet wurde, anderweitig eingewirkt haben, geht aus der Tabelle nicht hervor.

Aus den Untersuchungen Browns und Seiferts ist nun bekannt geworden, dass z. B. Mannit durch einige Essigpilze zu Lävulose oxydiert wird. Die Sauerstoffanlagerung geht also in diesem Falle nicht bis zur Säurebildung, sondern nur bis zur Ketonbildung; eine Oxydationswirkung des Enzyms der betreffenden Essigpilzart auf Mannit ist aber immerhin vorhanden.

Da nun die Oxydation von Stoffen häufig mit einer guten Entwicklung der Essigbakterien Hand in Hand geht, während in denjenigen Fällen, in welchen die Essigbakterien überhaupt auf den betreffenden Körper chemisch nicht einwirken, auch meist keine Entwicklung der Pilze stattfindet, so hat der Verfasser die Hennebergsche Tabelle in der Weise umgeändert, dass an all denjenigen Stellen, wo Henneberg keine Säurebildung verzeichnet hat, die Entwicklung der betreffenden Essigpilzart — wenn eine solche von Henneberg beobachtet wurde — vermerkt worden ist.

Bei einer Nachprüfung des Verhaltens der verschiedenen Essigpilze auf Zuckerarten, Alkohole usw. wird man an der Hand der neuen

Zucker- und Alkoholarten usw.	Bacterium industrium	Bacterium oxydans	Termobacterium aceti	Bacterium aceti	Bacterium acetosum
Arabinose	+	+	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung gut
Lävulose	+	+	– Entwicklung sehr gut	–	– Entwicklung sehr gut
Dextrose	+	+	+	+	+
Galaktose	+	+	– Entwicklung mässig gut (schlecht)	+	+
Sorbose		–		–	–
Rohrzucker	+	+	– Entwicklung sehr gut	–	–
Maltose	+	+	– Entwicklung mässig (weniger gut)	– Entwicklung weniger gut	– Entwicklung sehr gut
Milchzucker	+	+ etwas Entwicklung	– Entwicklung sehr gut	–	–
Raffinose	+	+	– Entwicklung mässig (schlecht)	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung sehr gut
Dextrin	+	+	– Entwicklung mässig	–	–
Stärke	+	– Entwicklung mässig	– Entwicklung mässig	–	–
Glykogen		–		–	–
Inulin		–		–	–
Methylalkohol	?	–	–	–	–
Äthylalkohol	+	+	+	+	+
Propylalkohol	+	+	+	+	+
Isopropylalkohol	–	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung
Butylalkohol	–	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung
Isobutylalkohol	–	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung
Amylalkohol	–	–	–	–	–
Glykol	+	+	+	+	+
Glycerin	+	+	– Entwicklung sehr gut	–	– Entwicklung sehr gut
Erythrit		+		–	–
Mannit	+	+	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung weniger gut	– Entwicklung sehr gut
Dulcit		–		–	–
Melampyrit		–		–	–
Quercit		–		–	–
Acetaldehyd	–	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung

Zucker- und Alkoholarten usw.	Bacterium Kützingianum	Bacterium Pasteurianum	Bacterium acetigenum	Bacterium ascendens	Bacterium xylinum
Arabinose	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung sehr gut
Lävulose	–	–	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung sehr gut
Dextrose	+	+	+	– Entwicklung schlecht	+
Galaktose	– Entwicklung gut	– Entwicklung gut	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung sehr schlecht	– Entwicklung sehr gut
Sorbose	–	–	–		
Rohrzucker	–	–	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung sehr schlecht	+ etwas? Säurebildung, Entwicklung sehr gut
Maltose	– Entwicklung weniger gut	– Entwicklung weniger gut	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung sehr gut
Milchzucker	–	–	–	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung gut
Raffinose	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung sehr schlecht	– Entwicklung sehr gut
Dextrin	–	–	–	– Entwicklung mässig	–
Stärke	–	–	–	– Entwicklung schlecht	–
Glykogen	–	–	–		
Inulin	–	–	–		
Methylalkohol	–	–	–	–	–
Äthylalkohol	+	+	+	+ Entwicklung schlecht 2 pCt. Alkohol im Hefewasser	+
Propylalkohol	+	+	+	+	+
Isopropylalkohol	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	–	– keine Entwicklung
Butylalkohol	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	–	– keine Entwicklung
Isobutylalkohol	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	–	– keine Entwicklung
Amylalkohol	–	–	–	–	–
Glykol	+	+	+	+	+
Glycerin	–	–	– Entwickl. sehr gut	– Entwicklung mässig	
Erythrit	–	–	–		
Mannit	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung weniger gut	– Entwicklung sehr gut	– Entwicklung schlecht	– Entwicklung sehr gut
Dulcit	–	–	–		
Melampyrit	–	–	–		
Quercit	–	–			
Acetaldehyd	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	– keine Entwicklung	–	– keine Entwicklung

Tabelle leicht in der Lage sein, an denjenigen Punkten, bei denen keine Säurebildung, aber eine gute Entwicklung der Essigpilze verzeichnet ist, zu ermitteln, ob nicht doch eine Oxydation des betreffenden Körpers, die vielleicht nur bis zur Keton- oder Aldehydbildung reicht, eingetreten ist.

Die + und —Zeichen in der Tabelle geben an, ob eine Säuerung stattgefunden hat oder nicht. An denjenigen Stellen, an denen ein + Zeichen aufgeführt ist, ist die Entwicklung der Essigbakterien nicht besonders vermerkt worden; wohl aber bei denjenigen Resultaten Hennebergs, bei denen in der alten Tabelle nichts angegeben ist oder ein —Zeichen steht. An denjenigen Stellen mit einem —Zeichen, an denen keine Angaben über die Entwicklung gemacht sind, fehlen diese deshalb, weil sich aus der Hennebergschen Originalarbeit nichts Bezügliches entnehmen liess.

Henneberg hat, wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, nur mit Lauge titriert und nicht, z. B. bei Mannit usw., auf Zuckerbildung (vgl. Seifert) geprüpft. — Durch die + und —Zeichen wird also lediglich angegeben, ob eine durch Lauge wahrnehmbare Säurebildung stattgefunden hat oder nicht. Der Grad der Entwicklung ist in der neuen Tabelle mit den entsprechenden Worten vermerkt.

B. Die Zoologie des Essigfabrikanten.

Die Anzahl der zu den Tieren gehörenden Lebewesen, welche bei der Essigfabrikation eine Rolle spielen, ist eine sehr geringe. Wir kennen die Essigälchen, die Essigmilben und zwei Fliegenarten; hiermit ist die Fauna der Essigfabriken erschöpft.

Ebenso wie die Anzahl der tierischen Organismen, die bei der Essigfabrikation vorkommen, unbedeutend ist, so ist auch ihr Einfluss auf die Essigbildung in allen denjenigen Fällen, in welchen nicht direkt unrationell gearbeitet wird, kein grosser. Die Essigälchen beispielsweise, welche in keinem Betriebe fehlen, verbrauchen keineswegs, wie weiter hinten gezeigt werden wird, Essigsäure; sie wirken nur als Schädlinge, wenn sie in grossen Mengen auftreten, in der Weise, dass sie die Essigpilze in ihrer Entwicklung hemmen. Ähnlich liegt die Sache bei den anderen tierischen Organismen, die sich häufig bei der Essiggärung einstellen, indessen aber auch bei verwandten Betriebszweigen, wie bei der Weinfabrikation und im Brauereibetriebe, nicht fehlen.

Das Essigälchen (Anguillula aceti Müll.):

Das Essigälchen gehört zu den mikroskopischen Fadenwürmern. Es ist im Essig ziemlich viel verbreitet und wird auch schon in der älteren Litteratur beschrieben.

Zuerst wurde es von Petrus Borellus (Centuria observationum microscopicarum (Hagae comitum) 1656) erwähnt. (vrgl. Henneberg, „Deutsche Essigindustrie", 1899, Nr. 45.) Czernay (Bulletin de la société impériale des naturalistes de Moscou, Tome XXII, 1849) gibt die erste genauere Beschreibung der morphologischen Verhältnisse der Essigaale. Die Länge der weiblichen Tiere beträgt nach ihm etwa 0,0682 Pariser Zoll. Die Männchen sind im allgemeinen kleiner; indessen kommen auch männliche Tiere von der Grösse der weiblichen vor. Bei den jungen Älchen sind Verdauungs- und Fortpflanzungsorgane noch nicht zu erkennen. An die taschenförmige, etwas vertiefte Mundöffnung schliesst sich eine sehr dünne meist gerade Speiseröhre, die in eine Ausbauchung, den Magen, ausmündet. Der Leib der Älchen ist rund, am Kopfende etwas schmaler als in der Mitte. Das Schwanzende läuft in eine feine Spitze aus.

Pasteur (Études sur le vinaigre, ses maladies, etc., deutsche Übersetzung von E. Borgmann, 1878) verdanken wir die ersten Beobachtungen über den Einfluss der Älchen auf die Essigfabrikation. Pasteur zeigte, dass die Entwicklung von Essigpilzhäuten durch die Älchen gehindert wird. Da sich die Älchen besonders in den oberen Schichten der Flüssigkeit bewegen, zerreissen sie bisweilen die Bakteriendecke, namentlich, wenn sie noch dünn ist und verhindern so die Essiggärung. Zeigen die Essigpilze indessen eine starke Entwicklungsfähigkeit, so zwingen sie die Älchen, welche ein starkes Luftbedürfnis besitzen, durch die Bildung einer die ganze Flüssigkeitsoberfläche bedeckenden Haut, sich aus der Essigmaische heraus auf die Wandungen des Gärgefässes zu begeben. Erst nach Beendigung der Gärung und nach dem Herabsinken der Haut, kehren die Älchen wieder in den Essig zurück.

Pasteur äusserte auch die Ansicht, dass die Essigpilze den Älchen vielleicht auch als Nahrung dienen. In mit Essig angefüllten und zugestopften Flaschen gehen die Älchen wegen ihres Sauerstoffbedürfnisses zugrunde. —

Der Verfasser hat über die Lebensbedingungen und den Einfluss der Essigälchen sowohl auf die Essigfabrikation nach dem Orleansverfahren, wie nach der Schnellessigmethode zahlreiche Versuche angestellt. (Deutsche Essigindustrie, 1897, Nr. 10, 30 bis 39, 1898, Nr. 1, 1899, Nr. 6, 30 bis 35, 41.)

Dass Essigpilze dem Älchen als Nahrung dienen, wurde in der Weise vom Verfasser bewiesen, dass von zwei Proben ein und derselben Essighaut die eine mit Essigälchen infiziert wurde. Es zeigte sich, dass sich die Tierchen bald auf und um die Pilzhaut ansiedelten und die Menge derselben nach und nach verminderten. Als nach einigen Tagen beide Proben in sterile Essigmaische eingetragen wurden — die Älchen waren in dem einen Falle durch Absetzenlassen in hohen

Zylindern entfernt worden —, kam die nicht mit den Älchen geimpfte Haut sofort wieder zur Entwicklung, während die andere keine lebenden Bakterien mehr enthielt.

Da die Essigälchen zu ihrer Entwicklung organischer Nährstoffe bedürfen, ist es richtiger, den Essigmaischen anorganische Salze an Stelle von Bier, Wein und Fruchtextrakten zuzusetzen. Hierdurch wird der Aalgehalt in den Schnellessigbildnern auf die Mindestmenge herabgesetzt. Da die Essigpilze den anorganischen Stickstoff der Nährsalze zu orga-

Abb. 109.
Auf gekochter Kartoffel gefütterte und mit Jod abgetötete Essigälchen. 1. u. 2. Stärkeansammlung im Darm. Etwa 80fach vergrössert.

Abb. 110.
Essigälchen, bei 1 die Spiculae des Männchens.

nischen Verbindungen synthetisieren, die ihrerseits den Essigälchen als Nährquelle dienen, und da auch die Holzspäne der Bildner lösliche organische Stoffe enthalten, ist es allerdings nicht möglich die Älchen auf diesem Wege gänzlich aus den Bildnern zu beseitigen.

Bei Verwendung von vergorenem Sirup als Nährstoff bei der Schnellessigfabrikation kann der Fall eintreten, dass die Bildner so stark mit Hefen und anderen für die Essigbildung schädlichen Organismen infiziert werden, dass die Essiggärung in erheblichem Masse gestört wird. Die Essigbakterien erkranken und in demselben Grade, wie diese Krankheit und die Entwicklung von Infektionskeimen fortschreitet, nimmt die

Entwicklung von Essigaalen infolge der geschwächten Tätigkeit der Essigpilze zu. Ist einmal ein derartiges Stadium bei der Schnellessigfabrikation eingetreten, so kann durch eine sehr starke Vermehrung der Älchen der Betrieb völlig in Frage gestellt werden.

Werden mit Bakterienhäuten bedeckte, aalfreie Essige mit Essigälchen infiziert, so werden nach kurzer Zeit die Häutchen zerstört und es findet eine Weiterbildung von Essigsäure in den Flüssigkeiten nicht statt; ein Beweis dafür, dass die Essigälchen auch bei dem Orleansverfahren grosse Schädigungen hervorrufen können.

Vor dem Anstellen der Essigmaische für das Orleansverfahren ist dieselbe daher zwecks möglichster Entfernung der Älchen zu filtrieren oder die Älchen sind durch längeres, ruhiges Stehenlassen der Essigmaische und vorsichtiges Ablassen der aalfreien Flüssigkeit nach Möglichkeit auszuscheiden.

Obwohl der Essig dasjenige Element ist, in dem sich die Älchen einzig und allein wohl fühlen, leben sie doch nicht von der Essigsäure. Trotz viermonatiger Einwirkung der Tierchen auf einen 6,8prozentigen alkoholfreien Essigsprit fand nämlich keine Abnahme der Säure statt.

In mit destilliertem Wasser auf 2, 4, 6 und 8,5 pCt. Säure verdünnter Essigessenz gingen die Älchen nach sehr kurzer Zeit zugrunde, während sie in derselben Essenz, welche auf dieselben Säuregrade wie zuerst eingestellt worden war, die aber einen Zusatz von Extrakt erhalten hatte, monatelang gediehen und sich als äusserst lebenskräftig erwiesen. Die Extraktmengen, aus ungehopfter Würze, Bier und Hefewasser bestehend, betrugen bei den Versuchsessigen 2,3, 1,15 und 0,58 pCt.

Auch hieraus ergibt sich, dass nicht die Essigsäure, sondern die Extraktstoffe des Malzes bzw. der Hefe den Essigälchen als Nahrung dienen.

Durch spundvolles Lagern, durch Pasteurisieren und Carbonisieren werden die Älchen im fertigen Essig getötet, wie vom Verfasser durch wiederholte Versuche festgestellt wurde. Ein 5 Minuten andauerndes Erhitzen von Essigspriten mit mittlerem Säuregehalt (4—6 pCt.) auf eine Temperatur von 56° C. = 45° R. genügte, um die Essigälchen abzutöten.

Dagegen gelang es nicht, die Älchen durch irgendwelche Zusatzstoffe zu dem Essig aus diesem zu entfernen. Es wurde eine grosse Reihe von Versuchen nach dieser Richtung mit verschiedenen Desinfektionsmitteln, wie Formalin, organischen und anorganischen Säuren usw. angestellt; die verbrauchten, wirksamen Mengen dieser Stoffe sind viel zu gross, um sie zu einem Genussmittel hinzusetzen zu können. Auch die zuweilen in der Praxis angewendete Abkochung von Nelkengewürz oder das ätherische Senföl ist erst den Älchen in einer Konzentration schädlich, in der diese Stoffe nicht im Essig enthalten sein dürfen.

Die Ansichten des Verfassers über das Vorkommen der Essigälchen

im Betriebe und über die Mittel, welche uns zu Gebote stehen, diese Organismen zu unterdrücken, lassen sich in folgendem zusammenfassen.

Fragen wir uns zunächst: Ist es möglich, die Essigälchen gänzlich aus dem Betriebe fernzuhalten? Aus der Praxis ist es bekannt, dass keine Gärungsessigfabrik existiert, in welcher diese Tierchen nicht vorkommen. Eine Folge hiervon ist, dass bei Einrichtung jeder neuen Essigfabrik durch den Einsäuerungsessig die Essigaale sogleich auf den neuen Betrieb übertragen werden müssen. In der Tat haben sich die Essigaale auf diese Weise über sämtliche Gärungsessigbetriebe ausgedehnt; denn es ist sonst nicht einzusehen, dass Lebewesen, die keineswegs von Essigsäure — in verdünnter Form natürlich — allein existieren können, sich gerade in sämtlichen Essigfabriken eingefunden haben sollten.

Der einzige Weg, um sich von diesen Organismen zu befreien, besteht demnach darin, dass man die Fabrik unter Zuhilfenahme von Reinzucht-Essigbakterien einsäuert, was ja an sich durchaus möglich ist.

Leider wird aber wohl diese Methode der Inbetriebsetzung vorläufig bei unseren Interessenten wenig Eingang finden, da die Kosten zur Einführung von Reinzucht-Essigbakterien bei der ungünstigen wirtschaftlichen Lage unseres Gewerbes zu gross sind, und weil die Einführung der Reinzucht eine mehr oder minder lange Unterbrechung des Betriebes zur Folge hat. Hierzu kommt noch die Gefahr der Infektion durch die vom Detaillisten in die Fabrik zurückgelangenden Fastagen.

Da also die Essigaale bei der Herstellung von Gärungsessig vorläufig noch — in vielen Betrieben wenigstens — ein unvermeidliches Übel sein werden, kommt es in erster Linie darauf an, dass diese Organismen bei der Fabrikation nicht überhand nehmen bzw. dass man sie nach Möglichkeit unterdrückt.

Welche Mittel stehen uns nun hierbei zu Gebote?

Die Essigaale bedürfen als tierische Organismen zu ihrer Lebenstätigkeit bestimmter organischer Nährstoffe. Da wir nun andererseits wissen, dass die Essigbakterien auch ohne organische Nährstoffe, abgesehen von der Kohlenstoffquelle (Essigsäure, Zucker usw.), zu leben imstande sind, so müssen wir die Essigmaischen derartig einstellen, dass sie nur solche Nährstoffe enthalten, welche die Essigbakterien und nicht die Aale gebrauchen können.

Zu diesen Nährstoffen gehören die Nährsalze, Verbindungen von Phosphorsäure und Schwefelsäure mit Ammoniak, Kali, Natron, Kalk und Magnesia.

Ausserdem müssen den Maischen aber zur Ernährung der Essigbakterien kohlenstoffhaltige Substanzen, wie Zuckerarten, zugeführt werden, welch letztere allerdings auch den Essigaalen zugute kommen. Anders ist es in bezug auf den Nährwert für die Essigaale mit den

vorstehend erwähnten Nährsalzen. Diese können nur von den Essigbakterien zum Aufbau ihrer Zellen und zu ihrer Lebenstätigkeit gebraucht werden, während die Essigaale nicht imstande sind, die Salze zu assimilieren.

Würden nun die in den Salzen enthaltenen chemischen Verbindungen bei der Essiggärung keine Umwandlung erfahren, so müssten die Älchen allmählich absterben. Wir sehen aber, dass dieses nicht der Fall ist. Es tritt vielmehr bei der Verwendung von Nährsalzen an Stelle von Bier und Wein als Nährstoff bei der Essigfabrikation nur eine Verminderung der Essigälchen ein. Der Grund dafür, dass die Essigälchen nicht gänzlich absterben, liegt darin, dass die Essigpilze den Ammoniakgehalt des Nährsalzes dazu benutzen, um Eiweisskörper oder eiweissartige Stoffe daraus zu bilden. Diese, durch die Lebenstätigkeit der Bakterien erzeugten Eiweissverbindungen, kommen nun aber den Essigaalen zugute, welche infolge der Synthetisierung, d. h. des Aufbaues von Eiweisskörpern, durch die Bakterien fortzuleben imstande sind. Fernerhin stehen den Essigaalen ja auch die Zellen der Essigbakterien selbst zur Verfügung, so dass ihnen auch hierdurch die Möglichkeit der Weiterexistenz gesichert ist.

Endlich kommen für die Entwicklung der Älchen in den Schnellessigbildnern jedenfalls auch die Extraktivstoffe der Holzspäne in Frage.

Allerdings wird die Vermehrung der Essigaale in den Fällen, in welchen man mit Nährsalzen an Stelle von Bier und Wein arbeitet, eine wesentlich geringere sein, als bei der Verwendung von organischer Nahrung (Wein, Bier, Fruchtabkochungen). Denn es ist ja klar, dass den Essigaalen durch die Darreichung von nur anorganischen Nährstoffen in den Maischen der Boden für ihre Entwicklung und Fortpflanzung wesentlich beschnitten wird. Während sie nämlich im letzteren Falle — abgesehen von den aus den Holzspänen etwa extrahierbaren hochmolekularen Stickstoffverbindungen — lediglich von denjenigen eiweissähnlichen Stoffen, welche durch die Essigbakterien erst gebildet werden, zehren können, steht ihnen bei der Zugabe von Bier oder Wein zu den Maischen ein bedeutend grösseres Quantum von Pflanzeneiweissstoffen zur Verfügung. Wir besitzen also in den Nährsalzen ein willkommenes Mittel, um die Entwicklung der Essigaale bei der Fabrikation hintenan zu halten.

Um die Essigaale fernerhin in ihrem Fortkommen zu hemmen, ist es nötig, darauf zu achten, dass die Bildner frei von Schleimmassen sind. Die Schleimmassen bestehen nämlich vorzugsweise aus Bakterienanhäufungen, welche, wie aus dem oben Gesagten hervorgeht, den Essigaalen eine Ernährungsquelle bieten. In der Tat sehen wir bei verschleimten Bildnern, dass sich die Aale häufig in der Nähe von Schleimansammlungen festsetzen und sich dort besonders stark vermehren.

Schleimmassen sind also möglichst aus den Essigbildnern zu entfernen. Man reinigt zu diesem Zwecke sowohl den oberen, wie den unteren Teil des verschleimten Bildners, soweit derselbe zugänglich ist, mit einer scharfen Bürste und Wasser oder mit einem angefeuchteten sauberen Tuch.

Enthält der Bildner keinen Lattenrost, so ist der untere Teil des Apparates nach Entfernung der etwa darin befindlichen Holzspunde mit einem kräftigen Wasserstrahl auszuspritzen. Verschleimte Siebböden sind gleichfalls gut zu reinigen. Späne, auf welchen sich grössere Schleimbildungen angesetzt haben, werden am besten fortgeworfen. Weniger stark verschleimte Späne sind auszubrühen.

Ein dritter Punkt, der bei der Schnellessigfabrikation in bezug auf die Entwicklung der Älchen beachtet werden muss, ist die Ansammlung des Essigs im unteren Teile des Apparates. Am zweckmässigsten richtet man die Bildner so ein, dass man den Essig von Zeit zu Zeit durch den Abflusshahn oder den Schwanenhals gänzlich entleeren kann. Ist dieses nicht möglich, so werden sich die Essigaale in dem im unteren Teil des Bildners befindlichen Essig ansammeln und haben dort Gelegenheit, da sie ja nicht in ihren Lebensbedingungen gestört werden und Nahrung in Form von Essigbakterien reichlich vorfinden, sich mehr als sonst zu entwickeln.

Bei sorgfältiger Beachtung der vorstehend erwähnten Vorsichtsmassregeln wird es indessen gelingen, einen Essig zu erzielen, welcher nur eine geringe Anzahl von Älchen enthält. Kommt nun dieser Essig in die Lagerfässer, so sterben die wenigen, darin befindlichen Älchen unter der Voraussetzung, dass die Lagerfässer spundvoll gehalten werden, nach einiger Zeit des Lagerns ab und können als Bodensatz von dem darüber stehenden Essig getrennt werden. Bei eventuellem Schwund, der stets bei längerem Lagern eintritt, sind die Fässer sogleich wieder nachzufüllen. Auch empfiehlt es sich, den in dem Spundloch stehenden Essig mit einer Ölschicht von mehreren Zentimetern Stärke zu bedecken. Ein durch das Spundloch hindurchgeführtes weites Glasrohr, welches mit Hilfe einer Gummidichtung mit dem Fasse verbunden ist, gestattet ohne Schwierigkeiten und ohne einen grösseren Ölverbrauch den Luftabschluss bei dem Essig durchzuführen. Andernfalls muss das Fass wie gewöhnlich gespundet und von Zeit zu Zeit Essig nachgefüllt werden.

Will man den Essig bald nach der Fabrikation verwerten, also das Lagern umgehen, so muss man den Essig, um ihn aalfrei zu machen, entweder durch ein gutes Filter schicken oder noch besser pasteurisieren, d. h. einige Zeit, etwa 3—5 Minuten, auf 50° C. = 40° R. erhitzen.

Zur Filtration bedient man sich am besten eines Filters, welches in dem unteren Teile aus grobem Kies und in dem oberen aus weissem

Sand, am besten Seesand, besteht. Ausserdem kann darüber noch eine Schicht von Holzwollstoff in Höhe von 20—40 *cm* angebracht werden. Die Sandschicht kann eine Höhe von 1—2 *m* und die Kiesschicht eine solche von $^1/_4$—$^1/_2$ *m* haben, je nach dem Quantum des zu filtrierenden Essigs. Naturgemäss ist das Filter von Zeit zu Zeit zu reinigen, weil die Essigaale und auch die Trübungen nach längerem Gebrauch des Filters durch dasselbe hindurchgehen oder das Filter verstopfen. Den Zeitpunkt, wann das Filter zu reinigen ist, erkennt man daran, dass man mit Hilfe eines Schauglases beobachtet, ob der Essig noch klar und aalfrei läuft.

Der zur Herstellung des Filters benutzte Sand und Kies muss selbstverständlich rein sein. Enthalten sie erdige oder kalkhaltige Substanzen, so sind Kies und Sand vor dem Gebrauch mit stark verdünnter Salzsäure zu reinigen und mit Wasser gut nachzuwaschen. Nachdem das Waschwasser abgetropft und der Rest der Feuchtigkeit verdunstet ist, wird zunächst der Kies und darauf der Sand in das Filter eingefüllt, und zwar in der Weise, dass zwischen beiden Schichten ein Tuch von feiner Jute zu liegen kommt, damit der Sand nicht in den Kies hineingespült wird. Im unteren Teil des Filters befindet sich etwa 10 *cm* oberhalb des Filterbodens ein Siebboden, der mit grober Jute bedeckt ist, damit ein Ansammlungsraum für den Essig erzielt wird. —

Das Pasteurisieren des Essigs wird in der Weise durchgeführt, dass man entweder den Essig durch eine Rohrschlange, welche von heissem Wasser umgeben ist, am besten von unten nach oben fliessen lässt, oder dass man Dampf durch eine Schlange leitet, welche sich in dem Bottich befindet, der den zu pasteurisierenden Essig enthält.

In beiden Fällen ist darauf zu achten, dass wirklich sämtlicher Essig auf den Temperaturgrad von 50° C. = 40° R. während eines Zeitraumes von 3—5 Minuten erhitzt wird, was man bei der Benutzung von Dampf dadurch erreicht, dass der Essig wiederholt umgerührt wird, während man bei der Verwendung von heissem Wasser den durch die Schlange fliessenden Essigstrom so regulieren muss, dass er in seiner gesamten Dicke auf die obige Temperatur gebracht wird.

Die Rohrschlangen müssen aus einem säurefesten Material, wie reinem Zinn oder glasiertem Ton bestehen. Bei der Verwendung von letztgenanntem Material ist bei dem Anheizen und Abkühlen grosse Vorsicht geboten, da andernfalls die Tonschlangen leicht zerspringen.

Neuerdings werden auch Glasschlangen, welche auf galvanischem Wege auf der Aussenseite mit einer Kupferschicht versehen sind, zu diesem Zwecke angeboten. Laboratoriumsversuche, die mit einer kleinen, derartigen Schlange von dem Verfasser angestellt worden sind, haben bis jetzt befriedigende Resultate ergeben.

Nach dem Pasteurisieren wird der Essig filtriert oder durch Absetzenlassen in hohen Gefässen von den Trübungen usw. befreit.

Obwohl schon viele Essigfabriken ihr Fabrikat gemäss den obigen Vorschriften behandeln, kommt es doch zuweilen vor, dass seitens der Konsumenten bzw. der Nahrungsmittelpolizei über das Auftreten von Essigälchen Klage geführt wird. Der Grund hierfür liegt, wie leicht zu ersehen ist, nicht bei den Fabriken selbst, sondern bei den Zwischenhändlern.

Kommt nämlich der aalfreie Essig zum Detaillisten, so wird derselbe aus dem Transportgebinde nicht selten in ein Fass gefüllt, welches jahraus, jahrein für den Ausschank von Essig im Kleinen benutzt wird.

Dieses Fass enthält, da es meist nicht ganz entleert wird und niemals durch Ausdämpfen oder durch antiseptische Stoffe vollkommen keimfrei gemacht wird, neben anderen Organismen, wie Essigbakterien usw., stets Essigaale, welche durch irgend eine aalhaltige Sendung bereits vor Jahren in das Fass gekommen sind und in demselben sich ungestört entwickelt und vermehrt haben. Es ist klar, dass der seitens einer guten Fabrik aalfrei gelieferte Essig nunmehr mit einem gewissen Aalgehalt an die Kundschaft abgegeben wird und somit zu Klagen seitens der Konsumenten führen kann, falls die Anzahl der Älchen eine zu grosse ist.

Aus diesem Grunde ist es den Fabrikanten dringend anzuraten, den Zwischenhändlern die Ausschankgebinde zu liefern und bei jeder neuen Sendung die alten zurückzunehmen. Diese müssen dann in der Fabrik mit Wasser gut ausgespült oder, falls in ihnen viele Älchen und Schleimbildungen vorhanden sind, mit antiseptischen Stoffen, wie flusssauren Salzen oder saurem schwefligsauren Kalk bzw. saurem schwefligsauren Natron usw. gereinigt werden. Selbstredend sind diese Reinigungsmittel nach ihrer Einwirkung sorgfältig mit Hilfe von Wasser aus den Gebinden zu entfernen. Auch ein Ausdämpfen oder Ausbrühen der Fässer ist bei starkem Aalgehalt des in dem Fasse befindlichen Restes von Essig an Stelle der Benutzung von antiseptischen Mitteln empfehlenswert. Bei groben Verunreinigungen bedient man sich auch zweckmässig beider Reinigungsmethoden nacheinander.

Es empfiehlt sich auch, dem Zwischenhändler folgende Vorschriften zur Behandlung des Essigs an die Hand zu geben:

1. Der Essig darf niemals in unsaubere Fässer hineingetan oder mit unsauberen Geräten (Schläuchen usw.) umgefüllt werden.
2. Die Ausschankgefässe für den Kleinverkauf sind stets nach dem Gebrauch gut zu reinigen.
3. Der in einem Fass verbleibende Rest ist niemals mit frischem Essig zu vermischen, er muss vielmehr für sich verbraucht werden. Ist derselbe getrübt, so wird er am besten filtriert.

4. Das Fass ist nach der Entleerung dem Fabrikanten zurückzugeben, dafür ist ein frisch geliefertes Gebinde zur Bereitung von Tafel- bzw. Einmacheessig zu benutzen. Ist der Zwischenhändler indessen in der Lage, das alte Fass durch Ausbrühen mit heissem Wasser oder noch besser durch Ausdämpfen gut zu reinigen, so braucht er dasselbe nicht zurückzugeben, sondern kann das alte Fass stets wieder — aber nur nach guter Reinigung — verwenden.
5. Die Essige sind nicht unter dem vom Fabrikanten angegebenen Säuregrad einzustellen, da sich in schwachen Essigen die Älchen stärker als in hochprozentigen entwickeln.
6. Das Hineingiessen von Bier-, Wein- und anderen Flüssigkeitsresten in den Essig ist durchaus zu verwerfen.

Werden diese Vorschriften innegehalten, so haben die Verkäufer von Essigen niemals eine Beanstandung derselben wegen Aalgehaltes zu befürchten.

Parow stellte durch Versuche fest, dass Essigälchen nicht durch die in fast jedem Betriebe vorkommenden Essigfliegen übertragen werden. (Deutsche Essigindustrie 1899, Nr. 43.) Indessen hält er es immerhin nicht für ausgeschlossen, dass eine Übertragung doch unter besonders günstigen Bedingungen vorkommen könnte.

Umfangreiche Untersuchungen hat Henneberg über das Essigälchen angestellt. Er hat die Ergebnisse seiner Versuche in einer besonderen Broschüre „Zur Biologie des Essigaales", Berlin 1900 und in der Deutschen Essigindustrie 1899, Nr. 45ffg. veröffentlicht.

Henneberg kommt zu folgenden Schlüssen:

Zusammenfassung der Resultate von wissenschaftlichem Interesse.

Die Vermehrung der Essigälchen ist eine sehr grosse. Es wurden 47 Junge bei einem befruchteten Weibchen beobachtet. Die Muttertiere sterben nach der Geburt nicht und sind zu jeder Zeit trächtig. Die Jungen werden in der Eihaut geboren und erlangen in etwa vier Wochen die Geschlechtsreife. Es waren fast ebenso viel männliche, wie weibliche Tiere unter den Jungen. Bei unzureichender Nahrung bleiben sie klein und geschlechtslos. In dem Leib des abgestorbenen Muttertieres können die Jungen längere Zeit leben (22 Tage). Die Älchen wurden in einigen Fällen 260—290 Tage alt.

Zur Ernährung dienten ausser Liebigextrakt, Sirup mit Pepton, Pflaumendekokt, Malzauszug, Hefewasser usw., Bakterien, besonders Essigbakterien. Die Grösse der aufgenommenen Stärkekörnchen ist 0,0016 *mm* im Durchmesser. Da sie grössere Körper überhaupt nicht aufnehmen, sind Hefezellen für sie keine Nahrung.

Durch ihre Bewegungen hemmen und stören sie die Bildung der Essigbakterienhäute, weshalb sie, wenn sehr grosse Massen vorhanden sind, in den Weinessigfabriken schädlich wirken können.

Die Tiere leben auch in breiartigen Substanzen und in Flüssigkeiten ohne Essigsäure, doch sterben sie sehr bald, wenn Fäulnis eintritt.

In Essig mit 13,5prozentiger Essigsäure leben die Essigälchen höchstens einen Monat; 12prozentiger wird $1^1/_2$ Monate vertragen, doch findet keine Vermehrung statt. In 9- bis 10prozentigem Essig bleiben sie am Leben, doch vermehren sie sich nur sehr wenig. Erst unter 6 pCt. ist die Vermehrung eine grosse, und zwar um so grösser, je weniger Essigsäure vorhanden ist.

Eine Erwärmung auf 44° C. tötet in einer Minute. Bei 40—41° tritt Wärmestarre ein. Als Maximaltemperatur kann 34, als Optimum 20—29° und als Minimum etwa 5° angegeben werden. Von 13° abwärts findet keine Vermehrung mehr statt. Bei 3° tritt eine Kältestarre ein. Kurzes Einfrieren schadet ihnen nichts.

Luftabschluss tötet in etwa drei Tagen fast sämtliche Tiere. Das Bestreben der Älchen, an der Oberfläche sich aufzuhalten, erklärt sich aus ihrem Ruhebedürfnis. Wenn es ihnen möglich ist, steigen sie aus der Flüssigkeit heraus und halten sich an den feuchten Wänden auf. In sämtlichen Schnellessigfabriken sind Essigälchen, wenn auch nicht in grosser Menge, vorhanden, da sie mit dem Ansäuerungsessig (zur Einführung der Schnellessigbakterien) in jede neue Fabrik eingebracht werden. Besonders häufig findet man sie in den Weinessigfabriken, da hier die Bedingungen für sie sehr günstig sind. Speziell an Essigsäure haben sich die Älchen angepasst. Geringe Mengen Citronen-, Butter- und Milchsäure werden gut vertragen. Anorganische Säuren sind starke Gifte. Natronlauge und Jod töten auch in starker Verdünnung augenblicklich. Sehr verdünnte Pikrinsäure und Sublimat töten die Muttertiere, während die Jungen in dem Leibe noch längere Zeit leben. 15 pCt. Alkohol vertragen die Tiere noch sehr gut. Bei 20 pCt. fallen sie allmählich in einen Betäubungszustand, bevor sie absterben.

Im menschlichen Körper sind sie wegen seiner hohen Temperatur unschädlich. Der Magensaft scheint dagegen unwirksam zu sein. Die alkalische Reaktion im Darm tötet wahrscheinlich die durch die Wärme geschwächten Tiere in kurzer Zeit.

Die runden Tröpfchen im Körper der Älchen sind Fetttröpfchen. Das sehr viel vorkommende Glykogen ist als Reservestoff aufzufassen. Nach dem Tode der Älchen ist im Leibe ein sich mit Jod blau färbender stärkeähnlicher Körper oft nachzuweisen, der höchstwahrscheinlich aus dem Glykogen, das allmählich verschwindet, entstanden ist.

Auf plötzliche starke Beleuchtung reagieren die Älchen durch schnellere Bewegungen.

Im reinen Wasser und in solchem mit Algenvegetation leben sie nur kurze Zeit. Ebenso können sie nicht in Erde leben. Essigälchen werden in der freien Natur nicht vorkommen. Es sind an Essig angepasste Tiere, die mit dem Ansäuerungsessig aus einer Fabrik in die andere übertragen werden. Essigfliegen können nur bei der Weiterverbreitung innerhalb einer Fabrik in Betracht kommen, da die Älchen nicht längere Zeit Trockenheit vertragen.

Die Kleisteraale der älteren Autoren dürften mit dem Essigaal nicht identisch sein, wie kürzlich angenommen wird. Jedenfalls ist die Frage nach dem Kleisteraal weiter zu untersuchen. Sehr ähnliche Formen sind zwischen Algen, in Moos und Erde zu finden.

Ergebnisse für die Praxis.

In gut eingerichteten Schnellessigbildnern können die Älchen, wenn die Säuremenge eine genügend grosse (mehr als 10 pCt.) bleibt, sich nicht oder nur wenig vermehren. Vor allem muss vermieden werden, dass sich viele Stellen in den Bildnern finden, die vom fliessenden Essig nicht benetzt werden. Schleimbildung und wenig Säure begünstigen daher sehr die Vermehrung der Älchen.

Der Ansäuerungsessig und der zur „Mischung“ zu benutzende Essig muss möglichst aalfrei sein, was durch vorheriges längeres Lagern und durch Entnahme des Essigs aus dem unteren Teil des Fasses erreicht werden kann. Wenn Essig in unverdünntem Zustand (mehr als 10 pCt.) und in möglichst vollen Fässern längere Zeit lagert, so sterben die Tiere wegen des hohen Säuregehaltes und wegen des Sauerstoffmangels, da sie aus Mangel an einem Ruhepunkt allmählich matt werden und untersinken, nach einigen Wochen ab.

Die Fässer müssen in möglichst kühlen Räumen lagern, da eine üppige Vermehrung nur über 15° C. stattfindet.

Mit reinem Wasser verdünnter Essig vermag, auch wenn organischer Stickstoff nicht zu dem Essiggut zugesetzt war, die Tiere zu ernähren.

Es ist ziemlich gleichgültig, ob Essig auf 6 pCt. oder auf 3 pCt. im Handel verdünnt wird, da eine starke Vermehrung, sobald der Essig auch nur einige Älchen enthielt, schon bei 6 pCt. eintritt. Je länger der verdünnte Essig lagert, je dünner er ist und je höher die Temperatur ist, desto mehr Älchen werden sich einfinden.

Ein bequemes Mittel, die Älchen abzutöten, ist ein kurzes Erwärmen des Essigs auf 45° C. Ist diese Temperatur einmal auch nur eine Minute lang eingehalten, so bleibt der Essig dauernd frei von Älchen. Wenn die Flaschen möglichst voll gefüllt und fest zugekorkt

sind, so findet keine Vermehrung statt und die noch vorhanden gewesenen Älchen sterben bald ab.

Weinessigfabriken nach dem Orleansverfahren sind für eine starke Ansiedlung der Älchen ausserordentlich günstig. Da die Säuremengen weniger gross sind, werden bei dem Lagern die Tiere viel langsamer absterben. Ein genaues Spundvollhalten der Fässer ist hier besonders nötig.

Aus den Fabriken werden die Essigälchen erst nach Einführung von reingezüchteten Bakterien völlig verschwinden. Für die Weinessigfabriken ist dies mit keinerlei Schwierigkeiten verbunden. Vor dem Anstellen der Weinessigbottiche müsste eine sehr genaue Reinigung mit heissem Wasser, in dem Soda gelöst ist, stattfinden. Ferner müsste der Ansäuerungsessig, wenn er zur Fernhaltung von Kahmhefen usw. nötig bleiben sollte, vorher durch Erhitzen völlig älchenfrei gemacht werden. Die reingezüchteten Bakterien würden ausserdem viel schneller, sicherer und besser arbeiten, als die zum Teil verschiedenen Arten, die man heute noch in den Fabriken beobachten kann.

Die Einführung von Reinkulturen in infizierte Schnellessigbetriebe würde grössere Mühe und Zeitaufwand erfordern, da die grossen Bildner nur durch Ausdämpfen älchenfrei zu erhalten sind und die Fabriken ihren Betrieb längere Zeit unterbrechen müssten. Neu einzurichtende Fabriken könnten durch Bakterienreinkulturen dauernd älchenfrei arbeiten.

Jedenfalls gibt es auch heute schon Mittel, älchenfreien Essig in den Handel zu bringen.

Neuere Untersuchungen Hennebergs (Deutsche Essigindustrie 1905, Nr. 46) führten zu dem Ergebniss, „dass die Essigaale in 3 und 6 pCt. Essig etwas später absterben als in 12,3 pCt. Eine kurze Erhitzung bis auf 47,5° C. oder eine zwei Minuten lang andauernde bei 46° C. genügt jedenfalls zur Abtötung in allen Fällen. Diese von den früher mitgeteilten Versuchen etwas abweichenden Zahlen erklären sich dadurch, dass bei den neueren Versuchen weniger gegen Essigsäure empfindliche Älchen (direkt aus dem Essigbildner) vorlagen."

Ein dem Essigälchen nahe verwandtes tierisches Lebewesen ist das

Kleisterälchen (Leptodera oxophila Schneider),

das sich im Mehlkleister vorfindet.

Henneberg beschreibt in seiner vorstehend erwähnten Abhandlung auch noch einige in der Erde beziehungsweise auf fauligem Moos vorkommende Älchenarten.

Die Abbildung 111 zeigt uns drei solcher Älchenarten.

Auch auf dem Getreide oder in Kartoffeln und Rüben kommen

Älchenarten vor; vgl., Lindners Mikroskopische Betriebskontrolle, Auflage IV.

Die Radenkörner des Weizens sind durch Infektion und starke Vermehrung des

Weizenälchens (Tylenchus scandens Schneider)

entstanden.

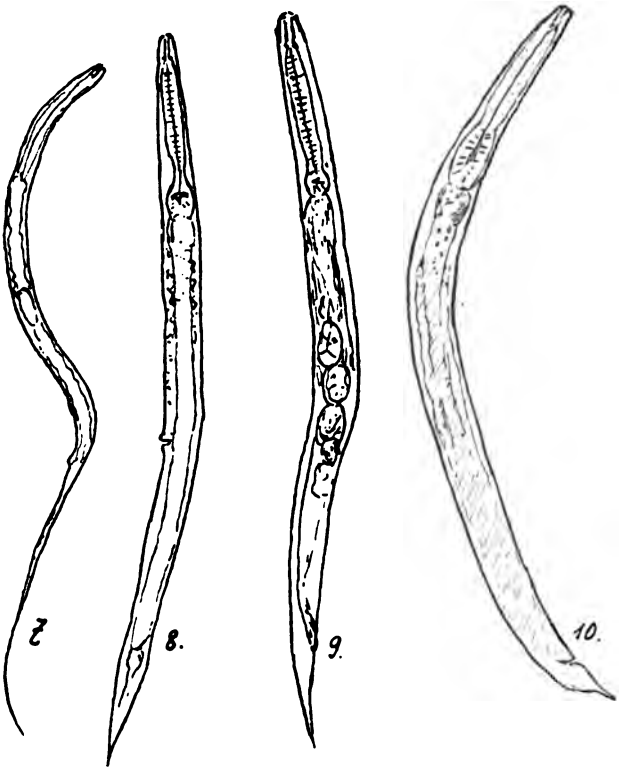


Abb. 111.
Verschiedene Älchen aus Erde und Moos.
Fig. 7 stellt eine mit Mistbeeterde häufig vorkommende Art bei 92facher Vergrösserung dar.
Fig. 8 und 9 sind Älchen, stammend aus fauligem Sphagnum-Moos. Vergrösserung 128fach.
Fig. 10 Anguillula-Art aus Erde. Vergrösserung 128fach.

Die Grösse der von den Älchen befallenen Körner ist nur halb so gross wie diejenige von normalen Körnern. Auch fallen sie durch die gelbfleckige, dicke, holzige Schale und die darin eingeschlossene weissliche, faserig, markige Substanz auf. Die letztere besteht lediglich aus Tausenden von verschlungenen Älchen, von denen ein jedes bis 1 *mm* lang ist.

Das Stockälchen des Roggens und Hafers (Tylenchus devastatrix) nistet sich nicht in den Fruchtkörnern ein, es bewohnt

vielmehr ausschliesslich die Stengel und Blattorgane der Pflanzen. Die Folge hiervon ist ein eigentümlich stockiger Wuchs der befallenen Teile. Der durch den Parasiten auf die Pflanze ausgeübte Reiz, welcher das abnorme Wachstum erzeugt, erstreckt sich auf den ganzen Trieb, auch wenn der letztere nicht überall mit Älchen besetzt ist. Von anderen Anguillulaarten sind die Stockälchen durch einen Mundstachel ausgezeichnet, mit dem sie die Zellen der Pflanzen anbohren.

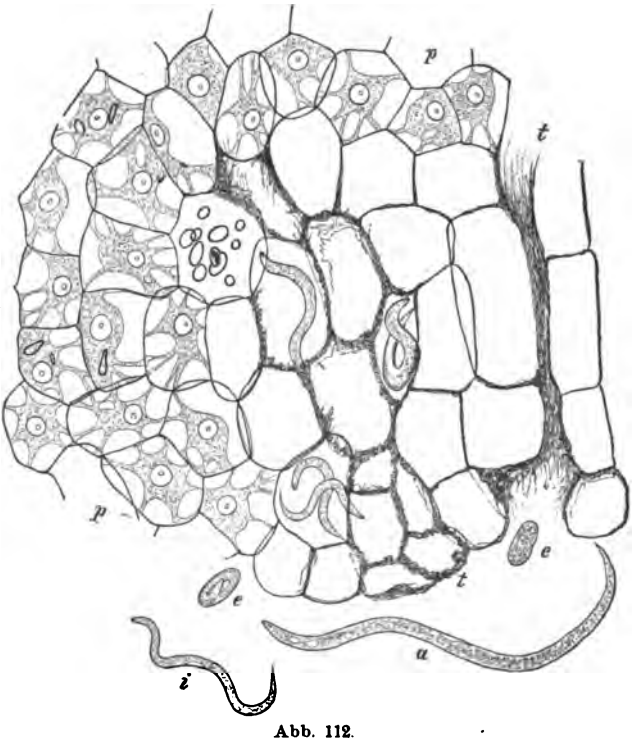


Abb. 112.
Kartoffelälchen.
Die Älchen selbst sind in den Abbildungen a—i dargestellt. t—t stellen Zellen der Kartoffel, die infolge der Alinfektion abgetötet sind, dar. Die noch lebenden Zellen p—p der Kartoffel sind frei von Stärkekörnern. Sie haben aber ihr Protoplasma vermehrt und den Zellkern vergrössert. Vergrösserung 110fach.
(Aus Franks Kampfbuch.)

Auch in Kartoffeln kann sich dieser Parasit einnisten; er erzeugt hier die „Wurmfäule“ oder „Nematodenfäule“.

Die von den Älchen angefressenen Zellen verlieren den Turgor und bräunen sich; sie enthalten aber die Stärkekörner in ziemlich unverändertem Zustande. Infolge der Erschlaffung der Zellen tritt ein Einsinken der Schalen ein. In dem nicht gebräunten nächsten Umkreise um die Älchennester verlieren dagegen die Kartoffelzellen häufig ihre Stärke. Sie zeigen dafür aber ihr Protoplasma, das sich in völlig

lebendem Zustande befindet, auffallend vermehrt und den Zellkern vergrössert. (Lindner, Mikroskopische Betriebskontrolle, IV. Auflage).

Die Abbildung 112, aus Franks Kampfbuch herrührend, zeigt uns einen Schnitt durch eine mit Älchen infizierte Kartoffel.

Lindner gibt auch in der IV. Auflage seines Buches an, er habe in einer Brauerei beobachtet, dass die Oberfläche der Trubtonne eine einzige, wimmelnde Älchenmasse bildete.

Essigfliegen.

Es sind zwei Arten von Essigfliegen bekannt, eine kleinere und eine grössere. Die erstere Art tritt häufiger auf. Sie finden sich nicht nur in Essigfabriken, sondern auch in Weinkellern, Brauereien und Brennereien, überhaupt in Betrieben, in denen Fruchtsäfte beziehungsweise Maischen hergestellt und zu alkoholischen und essigsauren Produkten verarbeitet werden.

Die kleine Art der Essigfliegen (Drosophila fenestrarum. Fall.) Nach Henneberg (Deutsche Essigindustrie 1902, Nr. 41) ist diese Art $2^1/_2$—3 *mm* gross, bei mangelhafter Nahrung vermindert sich die Grösse der Fliege auffallend.

Der Kopf und der Rückenteil des Mittelleibes zeigen ein fuchsiges Braun. Die Beine und der untere Teil des Körpers sind hellgelbbraun. Der Hinterleib besitzt oben eine ähnliche Färbung. Er zeigt sechs schmale, sepiabraune Ringe. Die Augen sind zinnoberrot.

Die Männchen sind kleiner als die Weibchen. Bei den ersteren ist der Hinterleib dunkler infolge einer glänzend schwarzbraunen Färbung der Ringe.

Die Puppen besitzen eine Länge von 3 *mm* und eine Breite von 1 *mm*. An jeder Seite des Kopfendes befindet sich ein mit acht fingerähnlichen Organen versehener kleiner Ansatz. Derselbe entsteht aus einem bei der Larve hervorstülpbaren, ähnlich geformten Teil, welcher acht Tracheenenden (Atmungsorgane) trägt. Am hinteren Ende ist die längliche ovale Puppe mit zwei kurzen Zäpfchen (Tracheenenden der Larve) versehen. Die Puppen sind hellbraun.

Die weisslich gefärbten Larven erreichen eine Länge von 5 *mm* und eine Breite von 1 *mm*. Sie besitzen an dem hervorstülpbaren vorderen Ende zwei schwarze Häkchen zum Nagen. Auch im Innern der Puppe sind diese Häkchen sichtbar; sie bleiben beim Auskriechen des Tieres darin zurück. Die Larven setzen sich aus 12 Ringen zusammen.

Die Eier der Fliege sind von länglich ovaler Gestalt. Die Grösse derselben beträgt 0,5 : 0,2 *mm*. Am vorderen Ende befindet sich eine Spitze und nicht weit davon entfernt zwei langgestreckte etwas verbreiterte Haftorgane. Sie besitzen beinahe dieselbe Länge wie das Ei

selbst. Die Hülle dieses Eies zeigt eine aus sechseckigen Maschen bestehende netzartige Struktur.

Die Abbildung 113 zeigt uns nach einem Hennebergschen Präparat ein Ei der kleinen Essigfliege bei 63facher Vergrösserung und die Abbildung 114 — gleichfalls nach Hennebergschen Präparaten — die Fliege selbst, die Larve derselben und Puppe bei 8facher Vergrösserung

Die grosse Essigfliege (Drosophila funebris Fabr.) Diese Art besitzt eine Grösse von $3^1/_2$—4 *mm*. Die Färbung des Kopfes und des oberen Mittelleibes ist dunkelrotbraun. Die Flügel sind etwas dunkel gefärbt und zeigen kräftige, dunkelbraune Adern. Sie schillern ebenso wie diejenige der kleinen Essigfliege in herrlichen Regenbogenfarben. Auf der unteren Seite ist die grosse Essigfliege gelblichgrau

Abb. 113.
Ei der kleinen Essigfliege Drosophila fenestrarum. 63mal vergrössert.

Abb. 114.
Drosophila fenestrarum Fall. Fliege, Larve und Puppe. 8mal vergrössert.

gefärbt. Der sepiabraune Ring auf den einzelnen gelbgrauen Segmenten des Hinterleibes befindet sich mehr in der Mitte.

Das Männchen ist auch in diesem Fall kleiner als das Weibchen. Es erscheint die obere Seite des Hinterleibes bei dem ersteren infolge der breiteren, glänzend braunschwarzen Streifen erheblich dunkler wie beim Weibchen. Die Augen sind dunkelweinrot gefärbt.

Die Puppen besitzen eine Länge von etwa 4 *mm* und sind von rötlich brauner Färbung. Ihre Gestalt ist wie diejenige der vorigen Art; abweichend ist nur, dass 15 Tracheenenden vorhanden sind.

Die Larven der Fliege, welche eine Länge von 6 *mm* besitzen, sind deutlich geringelt.

Die Eier sind 0,6 *mm* lang; sie haben vier fadenförmige Haftorgane; diese sind aber erheblich schmaler als bei der kleineren Fliegenart.

Abbildung 115 zeigt uns vier Eier der grossen Essigfliege bei 40facher Vergrösserung nach einem Präparate Hennebergs.

Henneberg hat, ebenso wie der Verfasser, beide Arten von Essigfliegen nicht nur in Essigfabriken, sondern auch in Brauereien, Brennereien, Weinkeltereien und Fruchtsaftpressereien beobachtet. In der freien Natur leben die Essigfliegen nach Henneberg auf Bäumen, welche Ausflüsse besitzen; sie ernähren sich von dem Saft solcher Bäume.

In Essigfabriken nehmen sie mit Vorliebe Essigbakterien als Nahrung auf. Durch Färbung des Darminhaltes von Essigfliegen, die mit Bacterium Pasteurianum gefüttert worden waren, mit Jod, konnte Henneberg die Aufnahme solcher Bakterien nachweisen.

Abb. 115.
Eier der grossen Essigfliege Dr. funebris.
40mal vergrössert.

Die Fliegen besitzen eine ausgesprochene Vorliebe für Essig und Alkohol in verdünnter Form. Nach den Hennebergschen Versuchen dienen ihnen aber diese Flüssigkeiten keinesfalls allein als Nahrung. Als Nährstoffe sind vielmehr abgesehen von den Essigbakterien, zu nennen: Hefe, Bier, Maischetreber, Malzschrot, Malzkeime, Kartoffelmaische, Dörrfrüchte usw.

Die Frage, ob die Essigfliegen schädlich sind, beantwortet Henneberg dahin, dass die Essigfliegen den Betrieb nicht stören können; dies gehe schon daraus hervor, dass die Tiere gar nicht im Essig, sondern nur an mit Essig befeuchteten Stellen leben. Obwohl sie in Weinessigfabriken in grösseren Mengen auftreten, wird die Essighaut nach Henneberg doch nicht durch sie zerstört.

Schädlich können die Fliegen allein in denjenigen Fabriken werden, in welchen mit Reinkulturen gearbeitet wird, da die Fliegen nach den Untersuchungen Hennebergs mit Leichtigkeit unerwünschte Bakterien, wie z. B. Bacterium xylinum, übertragen können.

Zur Vertreibung der Fliegen schlägt Henneberg das Aufstellen von Fanggläsern vor, die mit verdünntem Essig, Maische mit Essig und Bier angefüllt sind. Auch das Abschaben der Eier, der Maden, Puppen von den Wänden der Gärkufen und Bottiche leistet gute Dienste.

Als einfachstes und sicherstes Mittel gegen die Essigfliegen bezeichnet Henneberg Sauberkeit des Betriebes und Vermeidung von

Brutplätzen; das Verschütten von Essig und Maische ist daher zu vermeiden.

Diese Ansicht teilt auch der Verfasser. Es sind nach dessen Beobachtungen vor allen Dingen die feuchten Stellen, welche durch unvorsichtige Handhabung der Aufgussgefässe entstehen, an denen sich die Essigfliegen einfinden. Durchlässige Bildner müssen an den Stellen, an welchen Feuchtigkeit hindurchtritt, gut verdichtet werden.

Die Essigfliegen treten, wie der Verfasser wiederholt feststellte, bei der Schnellessigfabrikation namentlich dann in den Fabrikräumen in starker Anzahl auf, wenn die Bildner in ihrer Arbeitstätigkeit nachlassen, d. h., wenn das Oxydationsvermögen der Essigpilze geschwächt ist oder auch, wenn überhaupt eine Abnahme des Säuregehaltes im Essig aus irgend einem anderen Grunde beobachtet wird.

Das sicherste Mittel zum Fernhalten der Essigfliegen ist daher nach Ansicht des Verfassers ein gut arbeitender Betrieb mit hoher Säureproduktion, wobei die Bildner starken oder wenigstens deutlichen Luftzug zeigen.

Durch Zerstäuben von frisch bereitetem Insektenpulver, namentlich an denjenigen Stellen, welche die Essigfliegen als Aufenthaltsort bevorzugen, kann man auch die Plage dämpfen.

Ferner ist es empfehlenswert, Leimruten, Leimdüten oder Fanggläser in der Fabrik aufzustellen und die Luftlöcher der Bildner mit Gaze zu verkleben oder in dieselben lose gestopfte Wattefilter einzusetzen. Mit letzterem Hilfsmittel hat der Verfasser des öfteren gute Erfolge erzielt.

Essigmilben.

Die Essigmilben finden sich in erheblicher Anzahl im Betriebe zuweilen dann ein, wenn die Gärung eine schlechte geworden ist, d. h., wenn die Säureproduktion der Bildner oder Kufen aus irgend einem Grunde erheblich nachgelassen hat. Aber auch in Fabriken mit durchaus normaler oder guter Säureproduktion hat sie der Verfasser dieses Buches beobachtet; allerdings in diesen Fällen in nicht grosser Anzahl.

Entfernt werden die Milben am besten auf mechanischem Wege, indem man die von den Milben besetzten Holzteile mit einem sauberen Lappen mehrere Tage hintereinander abwischt.

Die von Lindner herrührende Abbildung 116 zeigt uns die Essigmilben in verschiedenen Stellungen.

Nicht aber die Essigfabriken allein werden von Milben aufgesucht; wir finden diese Tiere auch in anderen Gärungsbetrieben.

Das Malz auf der Tenne wird z. B. öfter von Milben heimgesucht (siehe Lindner, Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben, IV. Auflage).

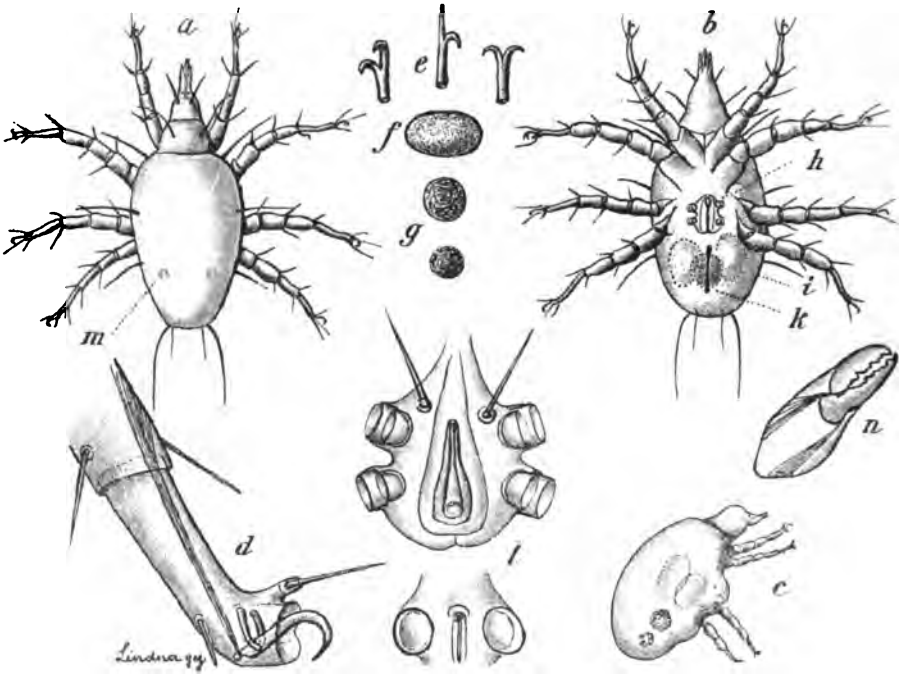


Abb. 116.
Essigmilbe.
Abbildung a zeigt ein Weibchen von oben, b dasselbe von unten, c von der Seite gesehen. d zeigt das letzte Glied eines Beines mit einem klingelzugähnlichem Apparat an der Kralle, e sind verschiedene Formen von Krallen der Vorderbeine, f eine Eizelle, g Exkremente, h Genitalapparat, k After. l zeigt die Bauchseite eines Männchen, m grünliche Tropfen unter der Haut, n kr ebsscherenähnliches Organ.

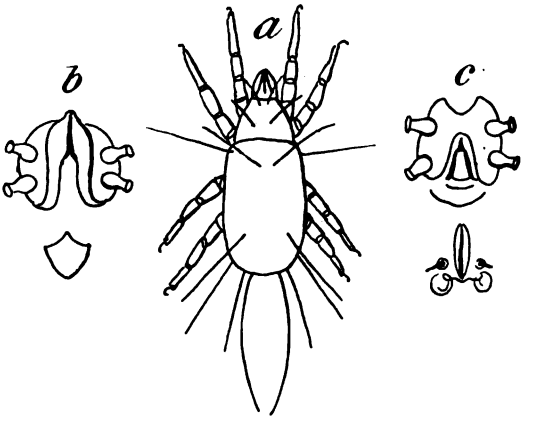


Abb. 117.
Getreidemilbe.

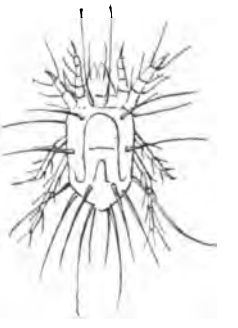


Abb. 118.
Zuckermilbe; Tyroglyphus (Acarus) fariae

Nach Wichmann dient der Milbe hauptsächlich der zuckerhaltige Keim des Malzes als Nahrung; 10 und noch mehr ausgewaschene Individuen wurden von ihm in jedem Keimling solchen, von den Milben befallenen Malzes aufgefunden.

Schon bei 50° C. sterben die Malzmilben und ihre Eier ab, so dass sie beim Abdarren völlig vernichtet werden. In dem Malze findet sich alsdann nur noch ein feines Pulver an der Stelle, an welcher der Keimling lag, vor. Es besteht aus Milbenleichen, abgetöteten Eiern, abgeworfenen Bälgen und Exkrementen.

Abbildung 117 zeigt uns eine Getreidemilbe.

Auf getrockneten Früchten findet sich als weisser Belag gleichfalls recht häufig eine Milbenart vor. Es ist die sogenannte Zuckermilbe, deren Bau aus Abbildung 118 ersichtlich ist.

Es sind also nicht nur die sauren Räume bzw. die darin benutzten Flüssigkeiten und Apparate der Essigfabriken, die von Milben aufgesucht werden; diese Tiere stellen sich auch in anderen Betrieben und auf Nahrungsmitteln ein, die ihnen günstige Existenzbedingungen bieten.

Namen- und Sachregister.

Acetobacter plicatum 201.
Aderhold 121.
Agarfläschchen 85.
Albert 106, 107.
Alkoholbestimmung mit Hilfe des Destillierapparates 53.
— mit Hilfe des Ebullioskopes 47.
— mit Hilfe der Essigspindel 47.
— mit dem Vaporimeter 40.
Alkoholometer Allgemeines über das 26.
—, amtliches 31.
— nach Richter 31.
— nach Salleron 31.
— nach Tralles 30.
Amagat, Ebullioskop nach 47.
Anguillula aceti Müll. 213.
Anomalushefen 124.
Apikulatushefen 121.
Apparat nach Rothenbach zur Akklimatisierung der Reinzuchtessigbakterien 99, 100.
Aräometer 15, 17, 21.
Arthus 106.
Aspergilleen 112.
Aspergillus niger 113.
— Oryzä 113.
Ausdämpfen von Schnellessigbildnern 100.

Bacillen 128.
Bacillus acidificans longissimus 134.
Bacillus viscosus 132.
Bacterium aceti 140–143.
— — albuminosum 146.
— — friabile 147.
— acetigenum 153—155, 189.
— —, Haut von — 200.
Bacterium aceti var. agile 180.
— acetosum 148—150.
— ascendens 98, 152, 153, 192.
— curvum 170, 171, 177.
— — n. sp. 169.
— industrium 150.
— Kützingianum 141, 142, 146
— orleanense 164, 172 bis 174, 176, 177, 178.
— — n. sp. 172.
— oxydans 149, 151.
— Pasteurianum 141, 144, 145, 183, 189, 190
— —, Haut von — 200.
— - var. agile 184.
— — var. colorium 180.
— — var variabile 183
— rancens 179, 190.
— — var. agili 183.
— — var. celiae 183.
— - var. muciparum 180, 183.
— — var. zythi 180, 182.
— Schüzenbachi 164—168, 176. 177, 178.
— — n. sp. 167.
Bacterium termo.
Bacterium vini acetati 161, 162, 177.
— — — n. sp. 162.
— xylinoides 157, 158, 177, 178.
— xylinum 88, 136-139, 177, 178, 186.
— — mit rötlichbrauner Zooglöa 187.
Baginski 202.
Bakterien 127, 128.
de Bary 202.
Beijerinck 125, 146, 178, 179, 181, 182, 194, 203 bis 205.
—, Einteilung der Essigbakterien 179, 203, 204.
Berkefeld-Kieselguhrfilter 107.
Bertram 104.
Bestimmung des Säuregehaltes in Essigen, Apparate und Instrumente 5
Betriebshefen 119.
Bieressig, Titration desselben 13.
Bier, Pasteurisation desselben 81, 82.
—, Untersuchung mit dem Vaporimeter 44.
Bombenwerfer 111.
Borellus 214
Borgmann 135, 214.
Botrytis cinerea 114.
Bourquelot 104.
Boutroux 202.
Brauereihefen 119.
Brennereihefen 119.
Brown 136, 140, 181, 185, 187, 210
Buchner 105, 106, 107, 108.
Bunsen 105.
Bürette 10.
Buttersäurebakterien 131, 134.

Chemische Elemente und chemische Zeichensprache 2.
Cohn 202.
Czernay 214.

Dampftopf 77.
Destillation 52-68.
Destillierapparat 52.
— nach Frings 64.
Delbrück 103, 106, 109
Dematium 115, 116
Diastase 103, 107.
Diplokokken 128.
Doppelnormal-Natronlauge, Herstellung 4.
— —, Prüfung derselben 4.

Drosophila fenestrarum Fall 228.
— funebris Fabr. 229.
Duclaux 202.

Eberlein 107.
Ebullioskop 44.
— nach Amagat 47.
— nach Malligand 47.
Einwirkung der Essigpilze auf Zuckerarten usw. 210.
Einstellung des Nullpunktes beim Vaporimeter 43.
Entwickelung der Essigbakterien 154.
Enzyme 101, 103.
Emulsin 103.
Erlenmeyerkolben 76.
Essigaal 88, 213, 225
—, Mittel zur Verhütung 217, 224.
—, Nahrung desselben 214. 222.
Essigbakterien 134.
—, Einwirkung derselben auf Zuckerarten 210.
—, Entwicklung derselben 154.
—, Nährlösungen für dieselben 178, 184.
—, Systematik derselben 202.
—, Verwendung von reingezüchteten — bei dem Orleansverfahren 96.
—, — — bei dem Schnellessigverfahren 98.
—, Wachstum derselben 175.
Essigfliege, grosse 229, 230.
—, kleine 228.
Essigmilben 231, 232.
Essigprober 5.
Essigsäure 23.
Essigsäureanhydrid 23.
Essigsäurehydrat 23
Essigspindel 15, 18, 47.
— nach Rothenbach 17, 49.
Essigwage 15.
Essigzusatz beim Pasteurisieren von Bier und Wein 81
Extraktdifferenz 21.

Fadenbakterien 128.
Faltenfilter, Herstellung desselben 18, 19.
Formel für Essigsäure 23.
— für Essigsäureanhydrid 24.
Fermente 102.
Fermi 105.
Fernbach, Temperaturen beim Pasteurisieren von Bier 82.
Filter, 219, 220.
Fischer, E. 106.
Fitz 182.
Frank 228.
Frankland 182.
Frew 182.
Fringsscher Destillierapparat 64, 66.
Frings, Korrektionstabellen für Alkoholprozente bei verschiedenen Temperaturen 57–62.
Fruchtessig, Titration desselben 13.
Fuhrmann 201.

Gelatinefläschchen 76, 85.
Gemmen 112
Getreidemilbe 232, 233.
Gewichts- und Volumenprozente, Beziehungen zwischen denselben 32.
Giunti 202.
Green 105.
Gregor 182.

Hansen 122, 136, 140, 142.
—, System der Essigbakterien 202.
Hautbildung der Bakterien 166.
Haut von Bacterium acetigenum 200.
— von Bacterium Pasteurianum 200.
— von Saccharomyces anomalus von Grünmalz 201
Hayduck 109.
Hefen, Einteilung derselben 118.
Hefenpilze 116.
—, Vermehrung derselben 117.
Hefenzelle, Bestandteile 117.
Hefezellen, verschiedene Arten von — 119.
Heinze 113.
van Helmout 136
Henneberg 80, 98, 136, 137, 140, 143, 145, 148, 149, 152, 154–157, 165–167, 175, 177, 178, 194, 199, 205, 208, 210, 213, 222, 225, 228, 230.
—, Einteilung der Essigbakterien 204.
Holm 202.
Hirschfeld 202.
Hoyer 178, 179, 180, 182 bis 184, 194.
—, Systematik der Essigbakterien 206.
Hoyersche Nährlösung 177.
Hydrate 23.

Impfen von Würzeagar- und Weinessigkulturen, Vorschrift zum — 178.
Impfung bei Agarkulturen 178.
Invertase 108.

Kahmhefen 88, 122, 123.
Kahmhaut 123, 201.
Kampfenzyme 109.
Kleisterälchen 225.
Knieriem 202.
Kohlehydratenzyme 107.
Kohlrausch 106.
Kokkenförmige Bakterie 193.
Kokken 128.
Köpfchenschimmel 112.
Korrektionstabellen nach Frings 57.
Krankheitshefen 121.
Kugelbakterien 128.
Kützing 134, 135.

Lackmustinktur, Darstellung 4.
Lackmusfarbstoff 1, 2.
Lafar 125, 133, 143.
Lange 106.
Leptodera oxophila 225.
Leuconostoc Lagerheimii 182.
Lindner 114, 125, 132, 134, 140, 146, 147, 152, 201, 228.
Lipasen 108.
Luftfilter 100, 101.

Malligand, Ebullioskop nach 47
Maltase 108.
Marpmann, Bereitung von Nähragar 85.
Mayer, A. 202.
Mehltau, echter 116.
—, falscher 116.
Meisenheimer 107.
Messheber 7.
Messpipette 7.
Milchsäurepilze 133, 134.
Mikroskop 70.
Milben 231.
Milchschimmel 111.
Mohr 107, 108.
Mucorarten 111.
Mucor mucedo 111, 112.
— racemosus 111, 112.

Mucor stolonifer 111.
Mulder 202.
Mycoderma aceti 135, 136, 180.
— cerevisiae var. pulverulentum 125
— cucumerma 125.
— Pasteurianum 136.
Myrosin 104

Nachgärungshefen 121.
Nägeli 105.
Nähragar, Bereitung desselben 85.
Nährflüssigkeit, Bereitung derselben 82 - 86
Nährgelatine, Bereitung derselben 82.
Nährlösung für Essigbakterien 178.
Nasse 106.
Normaldoppellauge, Prüfung derselben 4.
Normalessigprober 5.
Normalnatronlauge, Herstellung 3.
—, Prüfung derselben 4.
Normaloxalsäure, Darstellung 4.
Normalschwefelsäure, Darstellung 4.
Nullpunkt, Einstellen desselben 43.

Objektträger 74.
Oidium lactis 111.
— Tuckeri 116.
Oxydase 108.

Parow 222.
Pasteur 135, 136, 214.
Pasteurisieren 79.
— des Essigs 220.
Pasteurisation von Bier 81.
— von Wein 81.
Pasteursche Nährlösung 177.
Pediococcus acidi lactici 129.
— cerevisiae 129.
Penicillium glaucum 114 bis 116.
Peptische Enzyme 108.
Pernossi 105.
Peronospora viticola 116.
Persoon 202.
Peters 202.
Petrischalen 76.
Pflanzenzellen 69.
Phenolphtaleïnlösung, Herstellung 4, 5.
Pinselschimmel 114
Pipette, Anwendung derselben 7.
Pipette, Sterilisierung derselben 78.
Proteolytische Enzyme 108.
Protoplasma 69.
Prozentgehalt des Essigs, Ermittlungsweise 12.

Quecksilber, Reinigung desselben 42.

Reinzuchtessigbakterien, Verwendung bei dem Orleansverfahren 96.
—, — bei dem Schnellessigverfahren 98.
Reinzuchtorganismen 87.
—, Züchtung 89.
Richter, Alkoholometer nach — 31.
Rothenbach 98, 107, 108, 155, 166, 188, 190, 193, 194–197, 199, 216, 231.
—, Apparat zur Akklimatisierung der Reinzuchtessigbakterien 99, 100.
—, Essigspindel nach — 17, 49.
—, Systematik der Essigbakterien 207.

Saccharomyces acetaethylicus 125.
—, anomalus 124, 125.
—, — belgius 125.
— —, Haut von — 201.
— —, Entstehung derselben 201
Saccharomyceten 116.
—, Vermehrung derselben 117.
Sachsia suaveolens 114, 115.
Saké 113.
Salleron, Alkoholometer nach 31.
Sarcina maxima 131.
Sarcinen 128, 129
Säurebestimmung mit Hilfe der Essigspindel 18.
Säuregehalt, Bestimmung desselben 5.
Säuren, Kennzeichen, Bestandteile und Eigenschaften 1.
Scheele 136
Schimmel, Vertilgung desselben 116.
Schimmelpilze 110.
Schizomyceten 127.
Schnellessigbildner, Ausdämpfen derselben 100.
Schnellessigpilze 194.
Schraubenbakterien 128.
Schützenberger 202.
Seifert 136, 145, 146, 185, 210.
—, Einteilung der Essigbakterien 185.
Spaltpilze 127, 131.
Spindel 15.
Spirobakterien 128.
Spritzflasche 78.
Sprosspilze 116.
— Vermehrung derselben 117.
Sporen 111.
Stäbchenbakterien 128.
Stack 135, 136.
Steinmetz 202.
Sterilisation 75.
— von Flüssigkeiten 77, 78, 79.
— von Glasgefässen 76, 77, 79
— von Essigkufen und Fässern 79.
Sterilisationsbüchse 76.
Stockälchen 226.
Storchschnabelpipette 40.
Stockhausen 201
Streptokoken 128.
Strichkultur 74.

Temperatur beim Pasteurisieren von Bier und Wein 81, 82.
Tetrade 128.
Termobacterium aceti 147, 148.
— album 132.
— iridescens 132.
— lutescenz 132.
Thermostat 91.
Thermoregulator 91, 92.
Thompson 202.
Titrierapparat, Arbeiten mit demselben 11.
—, gewöhnlicher, Beschreibung 6.
—, automatischer, Beschreibung desselben 13.
Tolomei 202.
Traubenschimmel 114.
Tralles, Alkoholometer nach — 30.
Trockenschrank 75.
Tryptische Enzyme 104, 108.
Turpin 202.
Tylenchus devastatrix 226.
— scandens 226.

Vaporimeter 36–44.
—, Untersuchung von Bier und Wein mit dem — 44.

Vollpipette 7.
Volumen- und Gewichtsprozente, Beziehungen zwischen denselben 32.
Vorschriften zur Behandlung dés Essigs 221.
Vorschrift zum Überimpfen von Pilzkulturen 178.

Wachstum der Essigbakterien 175.
Wein, Pasteurisation desselben 81.
—, Untersuchung mit dem Vaporimeter 44.
Weinbukettschimmel 114.
Weinessig, Titration desselben 13.
Weinessigbakterien von Henneberg 157—165.
— von Rothenbach 186, 191—193
— von Seifert 185—186.
— von Wermischeff 185.
Weinhefen 121.
Weizenälchen 226.
Wermischeff 185.
Wibiral 175.
Wichmann 233.
Wilde Hefen 121.
Wortmann 121.
Wurm 202.
Würzeagarkulturen, Impfung derselben 178.
Würzetermobakterien 132.

Zeidler 125, 147, 183.
Zopf 136.
Züchtung von Reinzuchtorganismen 89.
Zuckermilbe 232, 233.
Zuckerpilze 116.
—, Vermehrung derselben 117.
Zygospore 112.
Zymase 105, 106, 108.

Druck von Gebr. Unger in Berlin, Bernburger Str. 30.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstrasse 10.

System der natürlichen Hefereinzucht.

Gesammelte Vorträge und Arbeiten

herausgegeben von

Dr. M. Delbrück, und **Dr. F. Schönfeld,**

Geh. Reg.-Rat, Professor an der Kgl. Landwirtschaftl. Hochschule und Vorsteher des Instituts für Gärungsgewerbe in Berlin.

Vorsteher des Betriebslaboratoriums und der Abteilung für Obergärung an der Versuchs- u. Lehranstalt für Brauerei in Berlin.

Gebunden, Preis 5 M.

Hefe, Gärung und Fäulnis.

Eine Sammlung der grundlegenden Arbeiten von Schwann, Cagniard-Latour und Kützing, sowie von Aufsätzen zur Geschichte der Theorie und Technologie.

Herausgegeben von

Prof. Dr. M. Delbrück, Geheimer Regierungsrat. und **Dr. A. Schrohe,** Regierungsrat.

Mit 14 Textabbildungen. Preis 6 M.

Mikroskopische Betriebskontrolle in den Gärungsgewerben

mit einer

Einführung in die technische Biologie, Hefenreinkultur und Infektionslehre.

Für Studierende und Praktiker bearbeitet

von

Prof. Dr. Paul Lindner,

Vorsteher der Abteilung für Reinkultur am Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin.

Vierte, neubearbeitete Auflage. — Mit 257 Textabbildungen und 4 Tafeln.

Ein starker Band in Lexikonformat. Gebunden, Preis 19 M.

Atlas der mikroskopischen Grundlagen

der Gärungskunde

mit besonderer Berücksichtigung der biologischen Betriebskontrolle.

Von

Prof. Dr. Paul Lindner,

Vorsteher der Abteilung für Reinkultur am Institut für Gärungsgewerbe zu Berlin.

111 Tafeln mit 418 Einzelbildern nebst Text.

In Leinen gebunden, Preis 19 M. Französischer und englischer Text: Preis 1 M.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW., Hedemannstrasse 10.

Die deutsche Essigindustrie.

Wochenschrift

für das Gebiet der Alkoholessigfabrikation und verwandter Betriebszweige.

Eigentum des Verbandes deutscher Essigfabrikanten.

Herausgegeben vom Institut für Gärungsgewerbe in Berlin, Abteilung für Essigfabrikation.

X. Jahrgang.

Erscheint jeden Freitag. — Abonnementspreis für den Jahrgang 20 M.

Redaktion: Berlin N., Seestrasse (Institut für Gärungsgewerbe).

Insertionspreis für die dreigespaltene Petitzeile oder deren Raum 35 Pf.

„Die deutsche Essigindustrie" ist die einzige Wochenschrift auf dem Gebiete der Gärungsessig-Fabrikation und der verwandten Betriebszweige.

Alle schwebenden wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Fragen auf dem Gebiete des Gärungsessiggewerbes werden in der „deutschen Essigindustrie" unter Beobachtung strengster Sachlichkeit und Sorgfältigkeit regen Erörterungen unterzogen.

Referierende Übersichten über wichtigere Aufsätze, welche die Nebengewerbe der Gärungsessigindustrie, wie Senffabrikation, Konservenindustrie, Bleizucker- und Bleiweissfabrikation betreffen, tragen den Interessen dieser Betriebszweige Rechnung.

Die Lage der Konkurrenzindustrie, Essigessenzfabrikation, wird nach Möglichkeit an der Hand wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Aufsätze verfolgt.

Der Handelsteil der „deutschen Essigindustrie" umfasst nicht nur den Verkehr von Essig und Sprit, sowie der daraus hergestellten Fabrikate innerhalb des deutschen Zollgebiets, sondern gestattet auch einen Einblick in die Produktionsverhältnisse und den Absatz der anderen europäischen Länder.

Ein freier Meinungsaustausch für Vertreter verschiedener Richtungen und Ansichten im Leserkreise ist der Schriftleitung stets erwünscht.

Der Briefkasten sorgt für zuverlässige und zwar kostenfreie Auskunftserteilung über alle die Gärungsessigindustrie und deren Nebengewerbe angehenden Fragen.

Probenummern auf Wunsch kostenlos.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung.

PAUL PAREY
BERLIN S.W. Hedemannstr.
Verlagsbuchhandlung